SEPARAT-ABDRUCK

aus dem

ARCHIV FÜR ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

Herausgegeben

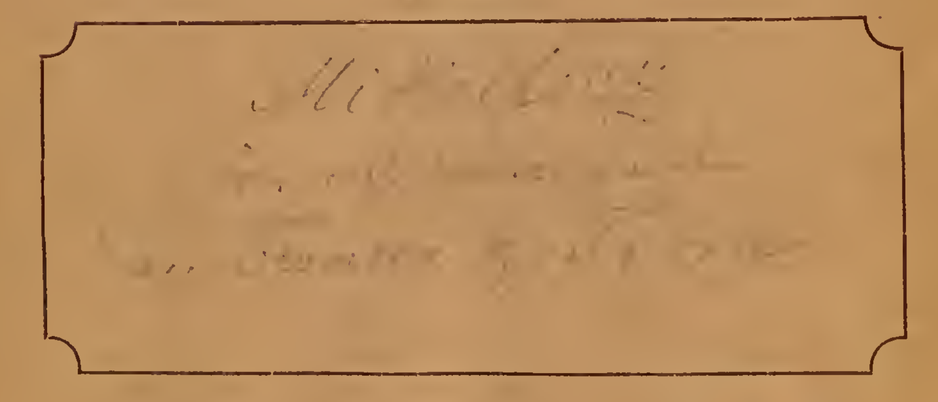
von **His** u. **Braune** und von **E. du Bois-Reymond.**

Leipzig, Verlag von Veit & Comp.

══ **Anatomische Abtheilung.** ══

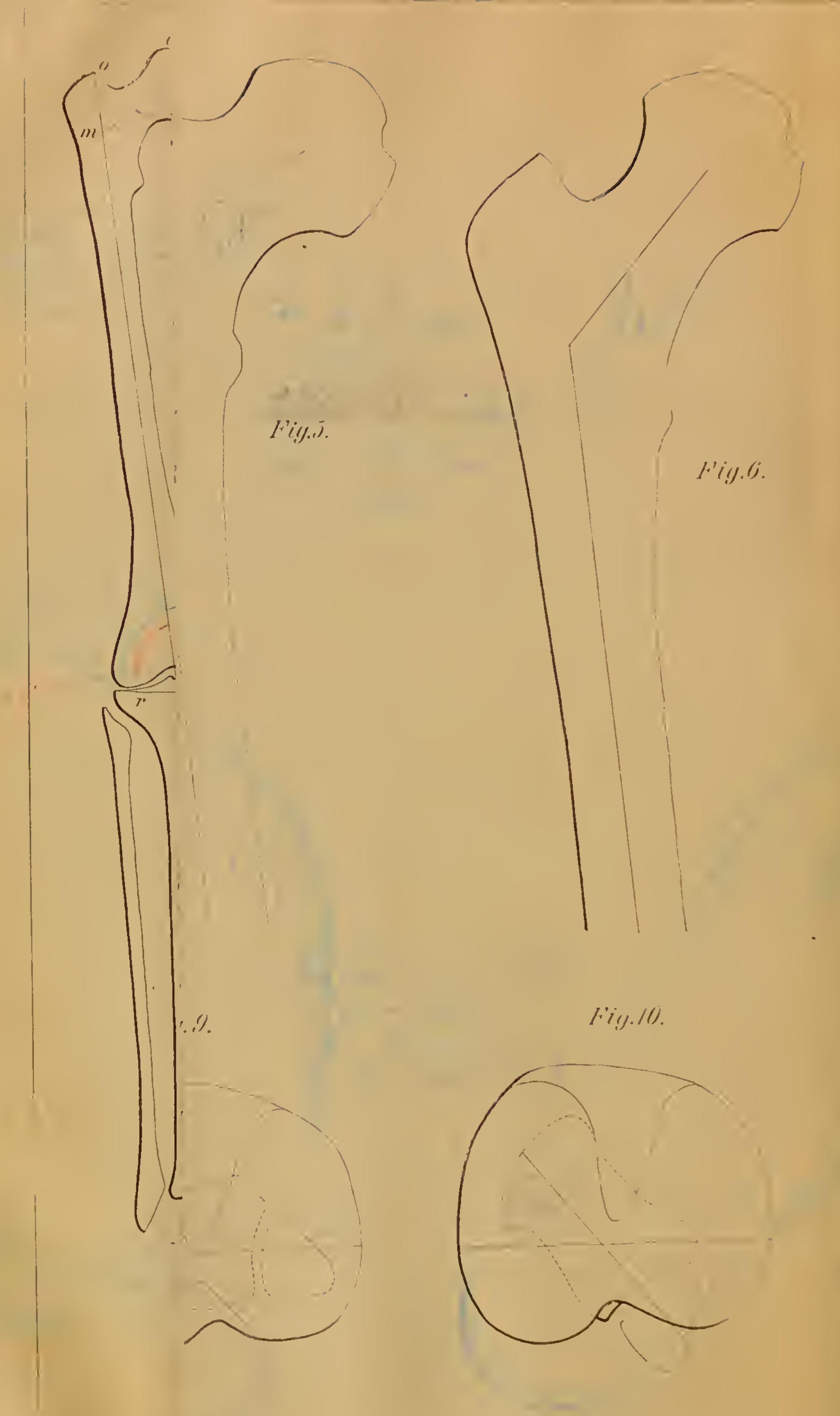
Jahrgang 1878.

Inhalt:





hochachtungsvoll
der Verfasser


o
m
r
Fig.5.
Fig.6.
.9.
Fig.10.

Ueber individuelle Formdifferenzen am Femur und an der Tibia des Menschen.

Mit Berücksichtigung der Statik des Kniegelenks.

Von

Dr. Johann Mikulicz,

Assistent an Prof. Billroth's Klinik in Wien.

(Hierzu Tafel XIII.)

Die constante Function der unteren Extremität des Menschen, allein als Stütz- und Locomotionsorgan für die gesammte Körperlast zu dienen, lässt a priori voraussetzen, dass sich an den Hauptstützen derselben, am Femur und an der Tibia, gewisse Formverhältnisse nachweisen lassen, die mit den mechanischen Leistungen dieser Knochen in einem nothwendigen Zusammenhange stehen. Diese Formverhältnisse werden, je nach ihrer Bedeutung, theils sehr constant sein, und unter normalen Zuständen kaum nennenswerthe Abweichungen zeigen, theils innerhalb gewisser Grenzen variiren. Schon die oberflächliche Vergleichung von Ober- und Unterschenkelknochen verschiedener Individuen genügt, um diese Voraussetzung in vielen Punkten zu bestätigen. Man wird kaum zwei Oberschenkelknochen finden, die sich auf das Haar gleichen. Ich brauche nur an die Richtung, in welcher der Schenkelhals in den Schenkelschaft eingefügt ist, zu erinnern; sie differirt unter Umständen so auffällig, dass sie auf den ersten Blick in's Auge fallen muss. Es ist dies fast das Einzige, was in dieser Richtung allgemein bekannt ist; ausserdem giebt es aber noch mannigfache individuelle Differenzen an beiden Schenkelknochen, sowohl in der Form jedes ein-

zelnen, als auch in ihrem gegenseitigen Verhältnisse, Differenzen, welche nicht nur von rein morphologischem Interesse, sondern auch für das Verständniss der Statik und Mechanik der unteren Extremität von Bedeutung sind, und dadurch zum Theil praktisches Interesse gewinnen. — Während die Formen der das Hüft- und Kniegelenk constituirenden Gelenkstheile beider Knochen durch die Untersuchungen von den Gebrüdern Weber, von Langer, Henke, H. Meyer, Aeby, Hüter, König, Albrecht u. A. bis in's kleinste Detail sorgfältig durchforscht sind, fanden die übrigen Formverhältnisse des Femur und der Tibia und besonders das gegenseitige Stellungsverhältniss der Gelenksenden bisher wenig Berücksichtigung. In den meisten anatomischen Lehrbüchern finden sich nur unbestimmte Andeutungen und erst in der letzten Zeit schenkten Langer,[1] Merkel,[2] F. Schmid[3] und W. Braune[4] dem Gegenstande ihre Aufmerksamkeit, nachdem die Extremitätenknochen verschiedener Wirbelthiere durch Aeby, Gegenbaur u. A. in dieser Richtung einer vergleichenden Untersuchung unterzogen worden waren.

Ich habe nun eine grössere Zahl von Messungen angestellt, welche ursprünglich nur den Zweck haben sollten, mich über die statischen Verhältnisse des Kniegelenks bei verschiedenen Individuen aufzuklären. Späterhin fesselte der Gegenstand in weiterem Umfange mein Interesse, und da hierüber in keiner Richtung umfangreiche Messungen vorliegen, so war ich gern bereit, der freundlichen Anregung des Herrn Hofrathes Langer folgend, die Messungen über alle wichtigeren Formverhältnisse auszudehnen.

Die Zahl der von mir untersuchten Extremitäten betrug 243, und zwar gehörten 200 davon Erwachsenen verschiedenen Geschlechtes und Alters an, die übrigen 43 aber im Wachsthum begriffenen Individuen vom ersten Säuglingsalter bis in die Zeit der Pubertät. Die Extremitäten waren den Cadavern entnommen, welche in der Anatomie zu Secirübungen bestimmt waren, und aus den drei grossen Civilspitälern Wiens herstammten. Herr Hofrath Langer war so freundlich mir nicht nur das Material und die nöthigen Apparate zur Verfügung zu stellen, sondern mich auch mit seinem Rathe zu unterstützen, wofür ich ihm an dieser Stelle den besten Dank sage.

Den Gegenstand der Messungen bildeten folgende Punkte:

---

1 *Wachsthum des menschlichen Skelets mit Bezug auf den Riesen.* Wien 1871.

2 Betrachtungen über das Os femoris. Virchow's *Archiv*, LIX, 237.

3 Ueber die gegenseitige Stellung der Gelenks- und Knochenaxen der vorderen und hinteren Extremität bei Wirbelthieren. *Archiv f. Anthropologie*, VI. 181.

4 Ueber die Torsion der menschlichen Tibia. *Dissertation.* Leipzig 2877.

1. An beiden Knochen zusammen:

a) ihr gegenseitiges Längenverhältniss,
b) das Verhältniss der Längs- zu den Querdimensionen,
c) ihr gegenseitiges statisches Verhältniss in voller Strecklage des Kniegelenks.

2. Am Femur allein:

a) der Neigungswinkel des Halses.
b) der Winkel zwischen der Längsaxe des Halses und der Drehaxe des Kniegelenks (Torsionswinkel des Femur),
c) die relative Länge des Halses,
d) die Lage der beiden Condylen zur Längsaxe des Femur (Kniebasiswinkel).

3. An der Tibia:

der Winkel zwischen den Queraxen des oberen und des unteren Gelenksendes (Torsionswinkel).

Ich muss, bevor ich zur Darstellung der Messungsergebnisse selbst übergehe, zum einfacheren Verständnisse eine kleine Betrachtung über die innere Gliederung der Schenkelknochen, insbesondere des Oberschenkels voranschicken.

Figur 1 (Taf. XIII) stellt schematisch Femur und Tibia, in der Strecklage an einander gefügt, dar. Wie aus der Zeichnung zu ersehen, führt die Verbindungslinie zwischen dem obersten Scheitel des Schenkelkopfes und der Mitte der Hohlrolle der Tibia (*ac*) durch die Mitte der Eminentia intercondyloidea tibiae, ein Verhältniss, welches an normalen Extremitäten wenigstens annähernd statt hat. Diese Linie, welche die Richtung angiebt, in welcher beide Knochen in der Strecklage der einwirkenden Last Widerstand zu leisten haben, möge die Directionslinie des Beines heissen; sie ist zugleich das Maass für die reelle Länge beider Knochen zusammen (bei normalen Extremitäten). Die Länge dieser Linien habe ich in allen Fällen als Grundlage für die Vergleichung aller übrigen Dimensionen angenommen.

Man sieht ferner, dass die Längsaxe der Tibia mit der Directionslinie fast zusammenfällt. Am Femur weicht die Längsaxe des Schaftes (*bo*) um einen Winkel von 5 bis 7° nach aussen ab, und wir müssen demnach am Femur zwei Linien auseinanderhalten; die eine (*ab*), die Verbindungslinie zwischen dem obersten Scheitel des Kopfes und der Mitte zwischen beiden Condylen, giebt, da sie auch durch den Drehpunkt des Kopfes geht, die Axe ab, an welcher sich alle Bewegungen des Femur vollziehen. Sie wird gewöhnlich schlechthin die Axe des Femur genannt

(von Langer Excursionsradius des Oberschenkels); ich möchte es vorziehen, diese Linie die mechanische Femuraxe zu nennen, zum Unterschied von der anatomischen Femuraxe (*bo*), welche die Richtungslinie des Schenkelschaftes darstellt, und annähernd durch die Verbindungslinie der Spitze des Trochanters und der Mitte zwischen beiden Condylen gegeben ist.

Der Punkt *n* ist der Mittelpunkt des Kopfes und *na* dessen Aequatorialdurchmesser. Die Linie *mn* zeigt die Richtung des Schenkelhalses an; bei *m* scheidet sie die anatomische Femuraxe, und der Winkel bei *m* zeigt den Winkel zwischen Schenkelhals und Schenkelschaft an. Die Linie *mn* ist zugleich das einzige sichere Maass für die Länge des Schenkelhalses, da sie sich an jedem Femur mit annähernder Sicherheit consruiren lässt; sie stellt die Verlängerung des Halses bis zum Drehpunkt des Kopfes dar. Die Linie *mo* würde das Maass für die Länge des Trochanters sein; *rs* die unterste Contactlinie beider Condylen, wird von der Directionslinie bei *b* halbirt, und ist die Basis, auf welcher man sich Femur und Tibia in Berührung zu denken hat: Kniebasis.

A. Längenverhältniss zwischen Femur und Tibia.

Ich muss hier vorausschicken, dass die von mir als Grundmaass angenommene Länge beider Knochen zusammen an den 200 Extremitäten Erwachsener in den äussersten Extremen zwischen 62 und 95 ^{cm} schwankte, während die grosse Mehrzahl derselben das Mittelmaass zwischen 70 und 88 zeigte. (Wenn wir nach Langer's Untersuchungen auch wissen, dass das Verhältniss der Länge der unteren Extremität zur ganzen Körperlänge beim Erwachsenen nicht unerheblichen Schwankungen unterliegt, so können wir doch annähernd auf die Grösse des betreffenden Individuums schliessen.)

Als Maass für das Femur nahm ich die Distanz zwischen dem oberen Scheitel des Schenkelkopfes und der Mitte der unteren Contactlinie der der Condylen (= *ab* Fig. 1). Die Differenz zwischen der ganzen Länge und der des Femur gab mir die Länge der Tibia. Die in dieser Weise an 60 Extremitäten vorgenommenen Messungen ergaben Folgendes:

Setzt man die gesammte Länge = 100, so schwankte der auf das Femur entfallende Theil zwischen den äussersten Extremitäten 54·4 und 58·2. Weitaus der grösste Theil, nämlich 50 davon, bewegte sich zwischen 55·5 und 57·5 und war ziemlich gleichmässig um 56·4

[1] A. a. O.

gruppirt, welche Zahl man als Durchschnittslänge des Femur annehmen kann. Auf die Tibia entfällt demnach in den Extremen 45·6 und 41·8 und im Mittel 43·6. Es verhält sich somit die Länge des Ober- zum Unterschenkelknochen im Mittel wie 56·4 : 45·6, oder ungefähr wie 5:4.

Die relative Länge des Femur ändert sich nicht mit der Gesammtlänge der Extremität; wohl aber zeigte sich ein ziemlich constanter Zusammenhang mit dem Neigungswinkel des Halses, und zwar war das Femur im Ganzen desto länger, je grösser der Neigungswinkel. So zeigte sich z. B. bei der Länge von 54·43 ein Winkel von 118°, bei 58·2 ein Winkel von 136°, Winkelwerthe, welche auch beinahe zu den entgegengesetzten Extremen gehören.

Weniger constant war der Zusammenhang mit der Länge des Halses. Es war aber in vielen Fällen die relative Länge des Femur und des Halses direct proportional.

Bei Kindern differirt dieses Verhältniss um etwas.

An 12 Extremitäten Neugeborener fand ich als das relative Maass für das Femur im Mittel 55·5 und als Extrem 53·8 und 56·5;

bei 4 Extremitäten 3jähriger Kinder 55·1 bis 55·6;
bei 2 Extremitäten von 5jährigen 55·5;
bei 2 Extremitäten von 16 Jahren 55·2;
bei 1 Extremität von 18 Jahren 56·3.

Daraus ist zu ersehen, dass sich das relative Verhältniss zwischen Tibia und Femur während des Wachsthums in der Art ändert, dass das Femur (auf Kosten der Tibia) etwas grösser wird. (Im Durchschnitt um 2% der Gesammtlänge.) Es stimmt dies mit den Untersuchungen Langer's,[1] welcher gefunden hat, dass das Femur, derjenige Knochen des menschlichen Körpers ist, welcher überhaupt am stärksten wächst und dadurch während des Wachsthums sein Verhältniss zur Körperlänge bedeutend verändert. auch die Tibia um etwas übertrifft, wodurch sich eben die Aenderung ihres gegenseitigen Längenverhältnisses erklärt. Während nämlich das ganze Skelet des Neugeborenen auf 3·24 seiner ursprünglichen Länge wächst, vergrössert sich das Femur auf 4·38 und die Tibia auf 4·32 (der Kopf nur auf 2·00, die Wirbelsäule auf 3·00, der Humerus auf 3·97, der Radius auf 3·84, die Hand auf 2·85, der Fuss auf 2·88). Es ist dieses Verhältniss um so interessanter, als es auch beiläufig mit der Persistenz der Epiphysenknorpel übereinstimmt, die bekanntlich am Femur und an der Tibia am längsten sich erhalten.

[1] A. a. O.

Es ergiebt sich aus dem Voranstehenden, dass das Längenverhältniss zwischen Femur und Tibia ein bestimmtes ist, und nur geringen Schwankungen unterliegt (beim Erwachsenen um $^1/_{15}$tel der Femurlänge), und dies ist für die Function der ganzen Extremität von Bedeutung. Um dies einzusehen, muss man die reelle Länge der beiden Knochen auf die Länge des Ober- und Unterschenkels nach den mechanischen Gliederungspunkten, den Drehaxen der Gelenke, reduciren. Langer[1] hat schon früher darauf aufmerksam gemacht, dass, nach diesen Gliederungspunkten gemessen, Ober- und Unterschenkel annähernd gleich lang sind. Da der Oberschenkelknochen die Drehaxe für das Hüft- und Kniegelenk in sich schliesst, so müssen die entsprechenden Drehungsradien von der Länge dieses Knochens abgezogen werden; während bei der Tibia die Drehaxen ausserhalb des Knochens liegen, daher dieser, als mathematischer Hebel gedacht, um die Länge der Drehungsradien des Knie- und Fussgelenkes vergrössert werden muss. Zieht man von der mittleren Länge des Femur (auf 100 bezogen) die mittlere Länge des Aequatorialhalbmessers des Kopfes = 3 (siehe später) und den durchschnittlichen Drehungshalbmesser des unteren Abschnittes der Condylen = $3^1/_2$ bis 4[2] ab, so wird die Länge des Femur ungefähr auf 50 reducirt. Eben so lang wird ungefähr die Tibia, wenn man einerseits den erwähnten Drehungsradius des Kniegelenkes, andererseits jenen des Sprunggelenkes hinzu giebt.[3] Es lässt sich leicht einsehen, dass die gleiche Länge der im Kniegelenk zu einem Charnier verbundenen Winkelarme, wodurch die Tragsäule der Extremität an dieser Stelle genau halbirt wird, für die Bewegungen der Beine beim Gange von Wichtigkeit ist, und dass sie eine wesentliche Bedingung für die sichere und gleichmässig aufrechte Haltung des Rumpfes bei allen Bewegungen im Kniegelenk ist. Damit steht die auffallende Thatsache im Zusammenhange, dass nur beim Menschen und bei einigen Affen das Oberschenkelbein das Schienbein an Länge übertrifft. (Siehe Hyrtl, *Lehrbuch der Anatomie*, 10. Aufl., 358.)

---

1 *Lehrbuch der Anatomie des Menschen*. Wien. 1865. S. 171.

2 Auch auf 100 bezogen, nach den von Albrecht (Zur Anatomie des Kniegelenks, *Deutsche Zeitschrift für Chirurgie*, VII. 433) gefundenen Maassen.

3 Da der Drehungshalbmesser des Schenkelkopfes und der Talusrolle nicht viel differiren, so ist die reelle Länge beider Schenkelknochen zusammen der Distanz der Distanz der Gliederungspunkte im Hüft- und Fussgelenk fast gleich.

B. Verhältniss der Quer- zu den Längendimensionen.

Gracile und robuste Knochenformen.

Es ist aus dem alltäglichen Leben bekannt, dass es Individuen mit stärkeren und schwächeren Knochen gibt. Am auffallendsten zeigt sich dieses Verhalten an den Gelenksenden der Knochen, z. B. am Ende des Vorderarmes, und dies gibt meist Veranlassung zu der vulgären Bezeichnung „starkknochig und schwachknochig“:

Ich habe an den von mir untersuchten Extremitäten in dieser Richtung so auffällige Differenzen gefunden, dass sie einer genauen Messung und Besprechung werth sind.

Die von mir gemessenen Querdimensionen sind: Der Aequatorialdurchmesser des Schenkelkopfes, der Frontaldurchmesser des Schenkelschaftes, die Distanz der unteren Scheitelpunkte beider Condylen (Kniebasis), der Frontaldurchmesser der oberen Epiphyse der Tibia und der Frontaldurchmesser des Talo-Tibialgelenkes.

a) Der Aequatorialdurchmesser des Schenkelkopfes wurde in der Richtung von vorn nach hinten (in welcher die Circumferenz der Knorpelfläche ihre grösste Ausdehnung hat) mittelst Stangenzirkels gemessen. Bei 100 Extremitäten betrug die Länge dieses Durchmessers in den Extremen 5·5 und 7·0 Procent der Gesammtlänge. Der weitaus grössere Theil, nämlich 93 davon, schwankte nur zwischen 5·6 und 6·6, und zeigte im Mittel das Maass von 6·1. Es ergibt sich also, dass beim Aequatorialdurchmesser des Caput femoris die individuellen Schwankungen 1·5 Procent des Grundmaasses = $^1/_4$ des mittleren Werthes seiner Länge betragen.

b) Der Frontaldurchmesser des Schenkelschaftes wurde an seiner schwächsten Stelle, ungefähr in der Mitte, mit dem Zirkel aufgenommen. An 100 Oberschenkeln betrugen die Extreme 3·1 und 4·1 Procent des Grunddurchmasses. Das Mittel fiel ungefähr auf 3·6. Hier betragen also die individuellen Schwankungen noch mehr: 1 Procent der Gesammtlänge, d. h. mehr als $^1/_4$ des mittleren Maasses.

Ich muss hier gleich beifügen, dass dieser Durchmesser durchaus nicht allein maassgebend ist für die Beurtheilung der Stärke des Schaftes. Der Querschnitt des Oberschenkels in seiner Mitte zeigt bekanntlich grosse Differenzen, die hauptsächlich davon abhängen, ob die Crista femoris eine stärkere oder schwächere Leiste bildet. Der Durchschnitt hat demzufolge bald mehr die Gestalt eines Dreiecks mit abgerundeten Ecken, bald eine mehr ovale Form. Man müsste also noch den sagitalen

Durchmesser und die Circumferenz hinzunehmen. Dass zu der Beurtheilung der Tragfähigkeit des Knochens noch die Dicke der Compacta mit in Rechnung gebracht werden müsste, ist selbstverständlich.

c) Distanz der unteren Scheitelpunkte der Condylen (Breite der Kniebasis). Die Länge dieser Linie (*rs* Fig. 1) ist als Basis, auf welcher sich Tibia und Femur berühren, für die Stabilität des gestreckten Kniegelenks in seitlicher Richtung maassgebend. Die Länge derselben wurde folgendermaassen bestimmt.

An einer mit Zeichenkohle bestrichenen Schieferplatte wurde das Femur mit dem unteren Ende leicht hin und her gestrichen, während beide Condylen die Schiefertafel berührten, und der Schenkelknochen vertical gehalten war. Es wurde auf diese Weise an dem tiefsten Punkte jedes Condyls ein kleines Oval gezeichnet, dessen Mittelpunkt ich als den untersten Scheitel des Condyls annahm.

Die Distanz der so gefundenen Punkte variirte an 80 Oberschenkeln zwischen 5·2 und 7·0 Procent. Das Mittel betrug ungefähr 6·2. Auch hier beträgt die individuelle Schwankung mehr als $^1/_4$ des durchschnittlichen Maasses = 1·8 Procent.

d) Der Frontaldurchmesser des oberen Gelenksendes der Tibia wurde in der Richtung der grössten Breite einfach mit dem Zirkel gemessen. Dieser Durchmesser betrug an 100 Tibien in den Extremen 8·6 und 10·5 Procent des Grundmaasses. Der grössere Theil (76) schwankte nur zwischen 9·1 und 10·1 und die verschiedenen Maasse waren ziemlich gleichmässig um 9·6 gruppirt. Die Differenz der Extreme beträgt also hier 1·9, ungefähr $^1/_5$ des mittleren Maasses.

e) Der Frontaldurchmesser des Fussgelenkes. Als Maass wurde hier der Querdurchmesser in der Mitte der Hohlrolle zwischen den überknorpelten Flächen der Malleolen angenommen.

Ich untersuchte in dieser Richtung nur 20 Extremitäten und fand als Mittel 3·8 Procent des Grundmaasses (3·4 bis 4·3). Die Differenz der Extreme betrug hier ungefähr $^1/_4$ des Mittelmaasses.

Wenn wir die gewonnenen Resultate überblicken, so finden wir, dass die meisten Querdimensionen im Maximum um $^1/_4$ ihres mittleren Werthes variiren können, eine Differenz, welche nicht nur gross genug ist, um selbst innerhalb der äusseren Körperformen auffällig zu Tage zu treten, sondern auch die Leistungsfähigkeit der Extremität und besonders ihre Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Schädlich-

keiten wesentlich zu beeinflussen. Es ist dies ein Punkt, welcher gewiss für manche der mechanischen Erkrankungen der Extremität als prädisponirendes Moment in Betracht kommen dürfte. Die einzelnen Querdimensionen correspondirten in den meisten Fällen in der Art, dass alle entweder dem einen, oder dem anderen Extrem nahe standen, oder aber, was die weitaus grössere Zahl betraf, sich in der Mitte zwischen beiden hielten. Doch traf dies nicht in allen Fällen zu, und ich fand Extremitäten, bei welchen die einen Querdimensionen sich dem einen, die anderen dem anderen Extrem näherten. In nahezu constantem Verhältnisse steht der Frontaldurchmesser des oberen Tibiaendes und die Distanz der Condylen, was durch ihren Zusammenhang im Kniegelenk bedingt ist.

Ich habe, zur Veranschaulichung der gefundenen Verhältnisse, die extremen Maasse an zwei Oberschenkeln schematisch dargestellt. (Siehe Figg. 2 und 3.) Die hier eingezeichneten Maasse sind in jeder Richtung die äussersten Extreme, entsprechen aber keinem der von mir untersuchten Oberschenkel in Wirklichkeit. Es waren aber doch einzelne von ihnen, welche den zwei construirten Extremen sehr nahe standen. Ich lasse einige derselben mit ihren wichtigsten Maassen folgen:

Nr.	Gesammtlänge. (Centim.)	Frontal-durchmesser des oberen Tibiaendes. (Procent.)	Distanz der Condylen. (Procent.)	Durchmesser des Schaftes. (Procent.)	Durchmesser des Kopfes. (Procent.)
1	81·5	10·43	—	4·04	6·38
2	80.0	10·25	—	4·0	6·5
3	68	10·6	—	3·4	6·3
4	80	8·74	5·5	3·3	5·6
5	72·5	8·96	5·93	3·58	6·0
6	84	8·92	5·95	3·21	6·07
7	95	8·84	5·57	3·1	6·0

Solche Knochen wären als Repräsentanten zweier extremen Formen anzusehen, welche ich die grazile und die robuste Form nennen möchte. Es hat übrigens schon Langer[1] diese zwei Formen unterschieden und die schlankere als die puerile bezeichnet, wegen ihrer Aehnlichkeit mit den Proportionen an Knochen halberwachsener Leute. Es wäre interessant zu untersuchen, in wieweit diese Verschiedenheiten

[1] A. a. O.

mit den Rassen und selbst mit verschiedenen Volksstämmen in Zusammenhang stehen.

Ein zweifelloser Zusammenhang besteht wohl mit dem Geschlechte, wie schon eine oberflächliche Beurtheilung lehrt. Constant ist aber diese Abhängigkeit durchaus nicht. Ich konnte leider dieses Verhalten nicht direct untersuchen, da mir die Extremitäten erst dann in die Hände kamen, nachdem sie vom Cadaver abgetrennt und zu anatomischen Uebungen verwendet worden waren, so dass ihre Herkunft in der Regel nicht mehr zu bestimmen war. Annähernd lässt sich aber aus der Gesammtlänge der Extremität ein Schluss ziehen, wenn man die grössten derselben als männliche, die kleinsten als weibliche annimmt. Ich kann in dieser Richtung constatiren, dass die ausgesprochen grazilen Formen sich theils unter den grössten, theils unter den mittelgrossen und etwas kleineren fanden, während die robusten meist zu den mittelgrossen und etwas grösseren gehören. Die kleineren und kleinsten (weiblichen) Formen stehen in der Regel unter dem Mittelmaass der Stärke, ohne gerade sehr schlank zu sein.

Ein interessantes Verhalten zeigten die Extremitäten eines weiblichen Individuums, das an der Grenze des Zwergwuchses stand. Sie zeigten folgende Maasse:

Seite.	Gesammtlänge. (Centim.)	Frontal-durchmesser des oberen Tibiaendes. (Procent.)	Distanz der Condylen. (Procent.)	Durchmesser des Schaftes. (Procent.)	Durchmesser des Kopfes. (Procent.)
L	62	11·4	7·2	4·0	7·7
R	62	11·3	7·1	3·9	7·6

Es sind hier die Querdurchmesser auffällig vergrössert, und dadurch nähern sich die Proportionen den Formen aus dem späteren Kindesalter. Es gewinnt dadurch die Anschauung an Berechtigung, dass der Zwergwuchs durch frühzeitige Wachsthumshemmung bedingt sei.

Ganz auffallend verschieden sind die besprochenen Proportionen an der Extremität des Neugeborenen. Langer[1] hat darüber genaue Messungen angestellt, und gefunden, dass die relative Länge der Querdurchmesser der Epiphysen beim Neugeborenen um etwa die

[1] A. a. O.

Hälfte grösser ist, als beim Erwachsenen, dass aber die Diaphyse (in ihrer Mitte) nur um weniges breiter ist. Ich kann dies nach Messungen an 12 Extremitäten Neugeborener nur bestätigen, indem ich als relativen Werth für den Durchmesser des Kopfes 9·2 (8·2 bis 9·9), für den Querdurchmesser des Schaftes 3·9 (3·5 bis 4·4), für die Distanz der Condylen 10·3 (9·5 bis 11·3) und für den Querdurchmesser des oberen Tibiaendes 14·9 (14·2 bis 15·6) gefunden habe. Durch diesen Proportionen wird die Gestalt beider Knochen, insbesondere aber des Femur, beim Neugeborenen eine wesentlich andere. Während die Knochenenden, besonders das untere, zu einem plumpen Knauf aufgetrieben sind, erscheint das Mittelstück verhältnissmässig schwach. Figur 4 giebt einen schematischen Umriss des Oberschenkelknochens des Neugeborenen.[1] Während des Wachsthums geht allmählich die infantile Form des Femur, der Längezunahme entsprechend, in die des Erwachsenen über; bei einem Kinde von 5 Jahren findet sich ungefähr die Mittelform zwischen beiden. Dass die auffällige Form der Schenkelknochen des Neugeborenen für die Statik und Mechanik der ganzen Extremität von Bedeutung ist, tritt hier noch deutlicher hervor, als bei den extremen Formen des Erwachsenen, und verdient bei vielen Erkrankungen, besonders wenn mechanische Eingriffe zu therapeutischen Zwecken unternommen werden, die entsprechende Berücksichtigung.

C. Das Verhältniss der einzelnen Theile des Femur zu einander.

Ausser den vorher besprochenen Proportionen am Femur kommen an diesem Knochen noch in Betracht: a) das Längenverhältniss zwischen seinen einzelnen Theilen und b) die Winkelverhältnisse zwischen denselben.

Man kann das Femur nach zwei verschiedenen Principien in seine einzelnen Theile gliedern, je nachdem man in einem Falle die Intermediärknorpel als Gliederungspunkte annimmt, oder aber diese in den durch geometrische Verhältnisse gegebenen Knotenpunkten sucht. Das erste Gliederungsprincip wird hauptsächlich dort von Werth sein, wo man das Wachsthum des ganzen Knochens und seiner Theile im Auge hat, wie es z. B. Langer[2] gethan hat. Handelt es sich aber um die Analyse

[1] Dieser Umriss ist mit Erlaubniss des Hrn. Hofrathes Langer einer Wandtafel des hiesigen anatomischen Museums entnommen.

[2] A. a. O.

der statischen und mechanischen Verhältnisse des Knochens, so ist natürlich das geometrische Gliederungsprincip allein anwendbar. Diesem Princip folgte ich daher, der Intension meiner Untersuchungen entsprechend.

Aus der Eingangs gegebenen Skizze der geometrischen Gliederung des Oberschenkelknochens (siehe Fig. 1) geht hervor, dass wir folgende Punkte zu berücksichtigen haben: 1. die Basis, auf welcher beide Knochen in Berührung kommen = Kniebasis (*rs*), 2. die anatomische (*bo*) und die machanische (*ab*) Femuraxe, und den Winkel, den sie miteinander und mit der Kniebasis bilden, 3. den Schenkelhals (*mn*) und zwar seine relative Länge, seinen Winkel mit der Femuraxe, und den Winkel mit der Drehaxe des Kniegelenks, 4. den Trochanter, als den in der Richtung des Schenkelschaftes für die Muskeln angesetzten Hebelarm.

Die Methode, nach welcher ich die hierher gehörigen Messungen vornahm, war folgende:

Der Oberschenkelknochen wurde in die horizontale Lage gebracht und so gedreht, dass sein Hals auch horizontal stand, so dass also Schaft und Hals in einer horizontalen Ebene lagen (Femurebene nach H. Meyer). Nun wurde die Richtung der anatomischen Femuraxe dadurch bestimmt, dass ein Seidenfaden in der Mitte der Incisura intercondyloidea befestigt, über der Furche der Patellarfläche hinauf geführt und an der Spitze des Trochanters an einem eingeschlagenen Stifte angespannt wurde. Da das Mittelstück des Femur an normalen Extremitäten, von vorne gesehen, ganz gerade ist, so wurde der Faden immer so angespannt, dass er genau der Mittellinie des Schaftes entsprach und in dieser Richtung wurde er am Trochanter fixirt. Der Faden stellte die, auf die vordere Fläche der Knochens projicirte anatomische Femuraxe dar. (Diese Richtungslinie traf mit geringen Abweichungen den inneren Theil der Spitze des Trochanters). Nun wurde der Mittelpunkt des Kopfes auf seine vordere Fläche projicirt. Dies geschah dadurch, dass mit der horizontal gehaltenen, an ihrer unteren Fläche geschwärzten Schiefertafel der Schenkelkopf bestrichen wurde. In der dadurch gebildeten kleinen Kreisfläche wurde der Mittelpunkt als die Projection des Centrums des Gelenkskopfes angenommen. Nur manchmal, besonders wenn der Schenkelhals sehr steil nach vorne stand, fiel die Schwärzung an die Gränze der Gelenkfläche, und dadurch wurde die Bestimmung des Punktes etwas ungenauer. Sonst aber musste die Bestimmung eine ziemlich genaue sein, besonders da die Projicirende annähernd in die Aequatorialebene fiel. In den projicirten Mittelpunkt des Kopfes wurde eine Stahlnadel gesteckt, und von hier aus die Richtung des Halses bestimmt.

Als Richtungslinie galt hierbei die Mittellinie zwischen dem oberen und unteren Contour des Schenkelhalses in der Frontansicht. Diese Bestimmung geschah mit dem Augenmaasse und darin liegt wohl der schwächste Punkt der Messungsmethode. In Betreff des Neigungswinkels des Halses sind bei dieser Methode Differenzen von 1 Grad und vielleicht auch noch mehr nicht genau zu bestimmen, und ähnlich verhält es sich natürlich mit der Länge des Halses. Da aber die Methode sehr einfach und rasch ausführbar ist, und zu dem die Ungenauigkeit bei einer grösseren Reihe von Messungen weniger in die Wagschale fällt, so begnügte ich mich mit dieser Methode.

Ich befestigte also an der in den Schenkelkopf gesteckten Nadel einen zweiten Seitenfaden und spannte ihn in der Richtung des Halses so an, dass er den ersten Faden kreuzte. Der Kreuzungspunkt (*m* Fig. 1) wurde als derjenige angenommen, in welchem Schenkelschaft, Trochanter und Hals zusammentrafen, und der stumpfe Winkel zwischen den zwei Fäden gab den Neigungswinkel des Halses.

Das relative Längenmaass der einzelnen Theile.

Was zunächst das Verhältniss zwischen Trochanter und dem übrigen Theile des Oberschenkelkörpers betrifft, so fand ich in 40 Fällen, für den letzteren (*b-m*) 47·5 bis 50·0, im Mittel 48·7 Procent des Grundmaasses; für den ersteren 5·3 bis 7·2, im Mittel 6·3. Es verhält sich also die Länge des Trochanters zur Länge des übrigen Knochens ungefähr wie 1:8. Die Schwankungen in der Länge des Trochanters sind aber sehr beträchtlich und betragen fast $^1/_3$ seiner ganzen Lange.

Die Länge des Halses variirte in 100 Fällen zwischen den Extremen 5·9 und 8·1 Procent; 81 mal fiel das Maass zwischen 6·2 und 7·6, und 6·9 kann als das Häufigkeitsmittel angesehen werden, um welches die anderen Maasse gruppirt waren. Eine constante Abhängigkeit zeigte die Länge des Halses von dem Neigungswinkel, wovon später ausführlich die Rede sein soll. Vergleichen wir diese Zahlen mit den früher gefundenen Quermaassen, so ergibt sich die interessante Thatsache, dass die Kniebasis, der Durchmesser des Schenkelkopfes, der Schenkelhals und der Trochanter von annähernd gleicher Länge sind. Vielleicht ist diese Uebereinstimmung keine zufällige und findet in irgend einem statischen Zusammenhange ihre Begründung.

Was das Femur des Neugeborenen betrifft, so ist es durch die Untersuchungen von Langer erwiesen, dass sich das Verhältniss der Diaphyse zu den zwei Epiphysen wesentlich anders stellt, als beim Erwachsenen. Als obere Epiphyse hat Langer den Trochanter major von

seiner Spitze bis zur Mitte des Trochanter minor gerechnet; er hat gefunden, dass beim Neugeborenen die untere Epiphyse 14·3 und die obere 18·4 Procent der Gesammtlänge des Femur beträgt, während auf das Mittelstück 67·3 entfällt. Beim Erwachsenen kommt auf die obere Epiphyse 13·9, auf die untere 7·0 und auf das Mittdlstück 79·1. Es sind also die Epiphysenstücke des Erwachsenen relativ viel kürzer als die des Neugeborenen und zwar wird das obere auf $^3/_4$, das untere auf $^1/_2$ seiner relativen Länge reducirt, wie es Langer durch weitere Messungen an Individuen verschiedenen Alters genau nachgewiesen hat. Es ist interessant, dass Langer auf diesem Wege zu demselben Resultate gelangt ist, welches andere Forscher auf dem Wege des Experiments erzielt haben, nämlich, dass das Wachsthum von der Epiphysenlinie aus vorwiegend die Diaphyse betrifft, indem diese auf 5·15 ihrer ursprünglichen Länge wächst, während der Wachsthums-Coëfficient für die untere Epiphyse nur 2·21 und für die obere 3·33 beträgt.

Der Schenkelhals des Neugeborenen ist nach Langer's Messungen relativ viel kürzer, als der des Erwachsenen; er fand hier 8·4, dort 5·6 Procent der ganzen Femurlänge. Als Endpunkte des Schenkelhalses galten die Linea intertrochanterica und der Rand der Gelenkfläche. Ich bin nach meinen früher dargestellten Messungspunkten zu einem abweichenden Resultat gekommen. An 12 Oberschenkeln Neugeborener fand ich als Länge für den Schenkelhals 5·9 bis 7·6, im Mittel 7·3 Procent meines Grundmaasses. Es ist also nach dieser Messung die relative mittlere Länge des Schenkelhalses beim Neugeborenen sogar noch etwas grösser als beim Erwachsenen (6·5 Proc.) Das abweichende Resultat meiner Untersuchungen ist aber nur durch die Messungsmethode bedingt, und es lässt sich die Differenz ganz leicht richtig stellen, wenn man die Halslängen auf dieselben Messpunkte bezieht. Langer maass den Schenkelhals vom anatomischen Standpunkt; ich hatte die geometrische Länge des Schenkelhalses im Auge; dass ich ihn dabei nicht kürzer fand, als beim Erwachsenen, ist wichtig, weil daraus hervorgeht, dass die durch die Länge des Halses bedingten statischen und mechanischen Verhältnisse am Femur während des ganzen Wachsthums nicht wesentlich geändert werden.

Neigungswinkel des Schenkelhalses.

Wenn auch dieser Winkel in den anatomischen Lehrbüchern wohl berücksichtigt wird, so finden sich überall nur unbestimmte Angaben, die sich in Manchem sogar widersprechen; ausführliche Messungen liegen gar nicht vor.

Namentlich herrschen verschiedene Ansichten über die Stellung des Halses beim männlichen und weiblichen Geschlechte. So sagt Hyrtl[1], dass der Schenkelhals am weiblichen Schenkelbeine länger und mehr wagrecht sei. Dieselbe Ansicht in Bezug auf den Winkel theilen Henle[2] und Hueter,[3] während Langer,[4] Luschka,[5] H. Meyer,[6] Merkel[7] und Schmid[8] derselben widersprechen. Beiläufige Angaben über die Grösse des Winkels machen Langer („nicht constant, doch kaum mehr als 130°"), Luschka (120 bis 130°) und Merkel (ganz übereinstimmend mit Langer). Nur Schmid gibt, nach Messungen am 12 Individuen, für die Grösse des Winkels 130 bis 141°, im Mittel 135·4° an.

Ich habe nach der oben beschriebenen Methode an 100 Extremitäten Erwachsener den Neigungswinkel des Schenkelhalses bestimmt, indem ich den durch zwei Seidenfaden gebildeten Winkel einfach mit dem Transporteur ablas. Das Resultat der Messungen ist in der folgenden Tabelle niedergelegt.

Tabelle über den Neigungswinkel des Schenkelhalses an 100 Extremitäten Erwachsener.

Nr.	Winkel.	Ctm. Gesammtlänge der Extremität.	Auf 100 Theile d. Gesammtlänge bezogen. Länge des Halses.	Auf 100 Theile d. Gesammtlänge bezogen. Frontaldurchmesser des oberen Tibiaendes.	Nr.	Winkel.	Ctm. Gesammtlänge der Extremität.	Auf 100 Theile d. Gesammtlänge bezogen. Länge des Halses.	Auf 100 Theile d. Gesammtlänge bezogen. Frontaldurchmesser des oberen Tibiaendes.
1	116°	73	6·7	9·2	10		77·5	6·9	9·3
2		84	6·1	9·6	11		79	6·3	10·1
3		85	5·9	9·3	12		79	6·8	9·6
4		86	6·8	9·3	13		80	6·5	10·2
5	117°	85	6·5	9·9	14	119°	71	7·0	9·1
6		85	6·2	9·1	15	120°	76	7·1	9·7
7	118°	74	—	9·4	16		77	6·7	9·0
8		76	6·7	10·0	17		79	6·3	9·4
9		77	6·7	8·8	18		84·5	6·5	9·6

[1] *Lehrbuch der Anatomie*, 10. Aufl., S. 357.

[2] *Handbuch der system. Anatomie des Menschen*, 3. Aufl., I, S. 278.

[3] *Klinik der Gelenkkrankheiten*, 2. Aufl., 2. Theil. S. 308.

[4] *Lehrbuch der Anatomie*, S. 139.

[5] *Die Anatomie des Menschen*, III., 1. Abthlg., S. 331.

[6] *Die Statik und Mechanik des menschlichen Knochengerüstes*, 1873.

[7] Betrachtungen über das Os femoris. *Virchow's Archiv*, LIX, S. 237.

[8] Ueber die gegenseitige Stellung der Gelenk- und Knochenaxen, der vorderen und hinteren Extremität bei Wirbelthieren. *Archiv für Anthropologie*, II, S. 181.

Nr.	Winkel.	Ctm. Gesammtlänge der Extremität.	Auf 100 Theile d. Gesammtlänge bezogen. Länge des Halses.	Auf 100 Theile d. Gesammtlänge bezogen. Frontaldurchmesser d. oberen Tibiaendes.
19		85	6·2	9·4
20		86	6·9	9·8
21		87	6·3	8·7
22	121°	83	6·5	9·4
23		85	7·2	9·6
24	122°	72	7·2	9·2
25		74	7·0	9·2
26		76	6·9	9·3
27		76	7·0	8·7
28		79	6·1	9·2
29		80	6·7	10·0
30		83	7·5	9·5
31		84	6·7	10·1
32		86	6·0	9·1
33	123°	62	6·8	11·3
34		71	7·6	9·1
35		72	6·3	9·4
36		75	0·4	10·1
37		79	7·3	9·6
38		79	7·1	9·2
39		85	6·6	9·8
40		95	6·4	8·8
41	124°	75	6·7	9·7
42		80	7·0	9·9
43		84	6·4	9·9
44		84	6·3	9·4
45	125°	74	6·1	8·9
46		76	6·1	9·7
47		77	6·6	10·4
48		79	7·2	9·1
49		79	6·8	9·6
50		79·5	6·3	9·0
51		80	6·4	9·0
52		85·5	6·3	9·3
53	126°	62	7·4	11·9
54		72	7·5	9·7
55		85	7·4	9·8
56	127°	73	6·8	9·4
57		78	7·1	10·0
58		82	6·7	10·0
59		82	7·5	10·1

Nr.	Winkel.	Ctm. Gesammtlänge der Extremität.	Auf 100 Theile d. Gesammtlänge bezogen. Länge des Halses.	Auf 100 Theile d. Gesammtlänge bezogen. Frontaldurchmesser des oberen Tibiaendes.
60		84	7·5	8·1
61	128°	83	6·0	10·0
62		84	6·8	8·9
63	129°	67	7·5	9·7
64		74	6·5	9·1
65		80	7·5	8·7
66		86	6·6	9·5
67	130°	68	7·6	10·6
68		72·5	6·8	9·0
69		74	6·7	9·2
70		83	6·6	8·8
71		83	7·2	9·9
72	131°	66·5	7·5	9·6
73		78·5	7·2	9·2
74		79	7·6	10·2
75		82	7·4	10·1
76		84	8·0	10·2
77	132°	68	7·3	10·5
78		77	7·7	8·7
79		78	8·0	9·5
80		80	7·7	9·7
81		83	8·0	9·4
82		83	6·9	9·7
83	133°	71	7·3	9·8
84		71·5	7·0	9·8
85		78	6·9	9·1
86		84	7·4	9·5
87		86	7·1	9·1
88	134°	81·5	8·1	10·4
89		83	7·0	8·7
90	135°	78	7·2	9·6
91		80	8·0	9·9
92		83	6·9	9·6
93		86	7·6	8·9
94	136°	79	7·1	9·7
95		79	7·0	9·6
96		87	7·2	9·6
97	137°	79	8·0	9·7
98		84	6·9	9·4
99	138°	84·5	7·2	8·9
100		91	7·1	9·0

Die Winkelwerthe sind nach ihrer Grösse angeordnet; ausserdem ist die Gesammtlänge der Extremität und die relative Länge des Halses sowie des Frontaldurchmessers des oberen Tibiaendes beigefügt.

Die äussersten Extreme sind durch 116 und 138 Grade repräsentirt. Es kann also der Neigungswinkel des Schenkelhalses innerhalb des Umfanges von 22° schwanken. Es ist dies eine Differenz, deren Grösse an der blossen Zahl sich weniger ermessen lässt, als an dem formellen Effect, mit welchem sie die Gestalt des oberen Femurendes verändert. Ich habe aus diesem Grunde die zwei extremen Formen im schematischen Umrisse gezeichnet (Figg. 5 und 6). Man sieht, dass in dem einen Falle der Scheitel des Kopfes, im anderen sein Mittelpunkt im Niveau der Spitze des Trochanters steht. Da die Länge des Trochanters auch keine constante ist, so kann es geschehen, dass dieser sogar den Scheitel des Kopfes überragt, wie ich es einmal gesehen habe.

Aus der Tabelle ergibt sich, dass etwa die 4 kleinsten und die 5 grössten Winkel (116 bis 119 und 134 bis 138) seltener vertreten sind und dass zwischen 120° und 133° fast 3/4 der gemessenen Oberschenkel einzureihen waren, ohne dass eine auffallende Häufung um einen bestimmten Winkel stattgefunden hätte. Man kann also sagen, dass der Neigungswinkel des Schenkelhalses am häufigsten zwischen 120° und 133° schwankt, und dass die selteneren Extreme bis 116° und 138° gehen können; als das Mittel wäre 125 bis 126° anzusehen.

Aus der Tabelle ist fernerhin zu ersehen, dass der Neigungswinkel mit der Länge des Halses in einem bestimmten, wenn auch nicht constanten Zusammenhange steht: je steiler der Hals, desto länger, je geneigter, desto kürzer ist er im Durchschnitt. Dieser Umstand verdient darum Berücksichtigung, weil er für die architektonische Auffassung des Baues des Schenkelhalses, auf welche zuerst H. Meyer aufmerksam gemacht hat, nicht ohne Interesse ist. Es ist leicht einzusehen, dass die Tragfestigkeit des Halses ceteris paribus abhängen wird 1) vom Neigungswinkel und 2) von seiner Länge, und zwar wird sie wachsen, wenn der Winkel grösser und der Hals kürzer wird, und umgekehrt. Würde der Neigungswinkel bei derselben Länge des Halses kleiner werden, und der Hals bliebe gleich lang, oder würde sogar noch länger, so müsste seine Tragfähigkeit umso geringer werden.

Im Zusammenhange damit steht 3) ein freilich weniger constanter Umstand, nämlich die verticale Breite des Halses. Es ist bekannt, dass diese sehr variabel ist; ich habe gefunden, dass sie gewöhnlich bei geneigterem Halse viel grösser ist, als bei steilerem. Es ist einleuchtend, dass die Tragfähigkeit des Halses auch mit seiner zunehmenden Breite

wachsen muss, d. h. je grösser der Winkel wird, welchen seine unteren und oberen Theile einschliessen, welche einerseits als Streben, andererseits als Zugbänder anzusehen sind. Es sind dies Punkte, welche, so weit mir bekannt, bei den Untersuchungen von H. Meyer[1], F. Merkel[2] und Anderen nicht berücksichtigt worden sind.

Die Frage, ob der Schenkelhals beim Weibe in der That weniger steil stehe, als beim Manne, kann ich nach meinen Untersuchungen leider aus früher angeführten Gründen nicht direct beantworten, aber indirect lässt sich aus der vorangehenden Tabelle mit einiger Sicherheit ein Schluss ziehen. Wir haben hier 100 Extremitäten von verschiedener Grösse, die kleinste misst 62, die grösste 95 cm. Nehmen wir 38 davon, welche zwischen 77 und 84 cm stehen, weg, so bleiben uns 30 Extremitäten, welche zwischen 84 und 95 cm messen, und 32 zwischen 62 und 77 cm. Von den ersteren, den grossen, können wir annehmen, dass sie zum grössten Theile männlichen, von den kleinen, dass sie weiblichen Individuen angehörten, während wir die mittleren als unbestimmt gar nicht berücksichtigten. Blicken wir nun auf die Tabelle, so zeigt es sich, 1) dass unter den kleineren Winkeln sich sowohl grosse als auch kleine Extremitäten finden. Ebenso ist es bei den grösseren bis auf die 6 grössten Winkel (133 bis 138°); 2) nehmen wir die Mitte der verschiedenen Winkelwerthe zwischen 125 und 126° an und suchen nun, wie die „grossen“ und die „kleinen“ Extremitäten auf beiden Seiten vertheilt sind, so finden wir im ersten Falle das Verhältniss 17 : 13, im zweiten Falle 19 : 13. Also auch auf diesem Wege kommen wir zu dem Resultat, dass die verschiedenen Neigungswinkel bei den „grossen“ und „kleinen“ Extremitäten nicht ungleichmässig vertheilt sind.

Wir können darnach aussprechen, dass der Neigungswinkel des Schenkelhalses beim männlichen und beim weiblichen Geschlechte denselben individuellen Schwankungen unterliegt, und dass vielleicht nur die steilsten Extreme bei Frauen selten vorkommen.

Was den Neigungswinkel beim Neugeborenen betrifft, so habe ich an 16 Extremitäten von Kindern unter zwei Jahren nur Schwankungen zwischen 120 und 130° gefunden und zwar zeigten 10 davon einen Winkel von 120 bis 123°, 6 einen Winkel von 126 bis 130°. Es scheint also der Neigungswinkel beim Neugeborenen im Durchschnitt etwas kleiner zu sein, als beim Erwachsenen, was mit den Angaben Hueter's und Merkel's in Uebereinstimmung steht.

[1] Die Architektur der Spongiosa. *Archiv für Anatomie und Physiologie.* 1867, S. 615.

[2] A. a. O.

Im Anschluss an den Neigungswinkel des Halses wollen wir den Winkel zwischen der anatomischen und mechanischen Femuraxe besprechen. Es ist dies der Winkel, welchen die beiden Axen bei b (Fig. 1) mit einander bilden. Er ist der Ausdruck für die Distanz des Femurkopfes vom Femurschafte, und da diese letztere vom Neigungswinkel und der Länge des Halses abhängt, so wird sich auch der in Rede stehende Winkel nach diesen Grössen richten. Er lässt sich, da er ein Winkel des Dreiecks mnb ist, auf trigonometrischen Wege leicht berechnen, nachdem 2 Seiten und 1 Winkel dieses Dreieckes (bm = Länge des Schaftes, mn = Länge des Halses, m = Neigungswinkel) bekannt sind.[1] Theils auf dem Wege der Berechnung, theils durch directe Messungen habe ich nun gefunden, dass dieser Winkel keine constante Grösse ist, sondern Schwankungen zwischen 5 und 7 Grad erleidet, und dass man als seinen mittleren Werth etwas über 6° annehmen kann. Bei steilerem Halse ist der Winkel im Ganzen etwas kleiner.

Dieser Winkel ist darum von Bedeutung, weil es von ihm abhängt, um wie viel der Schaft des Oberschenkels von der Directionslinie des Beines nach aussen abweicht, und in welchem Winkel Tibia und Femurschaft bei gestrecktem Kniegelenk zu einander stehen.

Der Kniebasiswinkel.

Dieser Winkel, welcher die Stellung der unteren Contactlinie beider Condylen zur mechanischen Femuraxe bezeichnet, bestimmt auch die Lage beider Condylen, wenn die Stellung des Femur gegeben ist. Ich habe diesen Winkel an 100 Oberschenkeln gemessen und zwar auf folgende einfache Weise.

Ich projicirte den Mittelpunkt des Schenkelkopfes in der früher angegebenen Weise auf seine vordere Fläche, nur geschah die Projection auf eine Ebene, welche mit der Drehaxe des Kniegelenks beiläufig parallel war; ich bewerkstelligte dies dadurch, dass ich den Knochen so legte, dass die hintere Fläche beider Condylen die Unterlage berührten. In den projicirten Mittelpunkt wurde wieder eine Nadel gesteckt, an diese ein Seidenfaden befestigt und in der Richtung des Femur so gespannt, dass er an der Hinterseite des Knochens in die Incisura intercondyloidea zu liegen kam, und der Mittellinie zwischen den Condylen entsprach. Nachdem vorher auf die früher angegebene Weise die Kniebasis bestimmt war, wurde der Transporteur dieser entsprechend direct an die Condylen an-

[1] Bezeichnen wir mit s die Länge des Schaftes, mit h die des Halses, mit M den Neigungswinkel, mit B den gesuchten Winkel und mit N den Winkel bei n, so ist $\frac{N + B}{2} = 90 - \frac{M}{2}$ und $\operatorname{tg} \frac{N - B}{2} = \frac{s - h}{s + h} \cot \frac{M}{2}$.

gesetzt, und der durch den Seidenfaden angezeigte Winkel daran vertical abgelesen. Auf diese Weise fand ich, dass dieser Winkel in 100 Fällen zwischen 91 und 82° schwankte (es ist darunter der nach aussen offene Winkel verstanden); und zwar fand ich:

den Winkel von 91°	. . . . . .	1 mal
„ „ „ 90°	. . . . . .	8 „
„ „ „ 89°	. . . . . .	5 „
„ „ „ 88°	. . . . . .	14 „
„ „ „ 87°	. . . . . .	24 „
„ „ „ 86°	. . . . . .	21 „
„ „ „ 85°	. . . . . .	20 „
„ „ „ 84°	. . . . . .	4 „
„ „ „ 83°	. . . . . .	1 „
„ „ „ 82°	. . . . . .	2 „

Ich muss dazu bemerken, dass bei dem Winkel von 91°, dann 2 mal bei 90°, und je 1 mal bei 84, 83 und 82° beträchtliche seitliche Abweichungen des ganzen Kniegelenks zu constatiren waren. Es müssen daher die betreffenden Extremitäten als nicht ganz regelrecht gebaut ausgeschaltet werden. Es bleiben uns dann 94 Oberschenkelknochen von ganz normal gebauten Extremitäten, bei welchen der Kniebasiswinkel die nicht unbeträchtliche Schwankung von 90 bis 82° zeigt. Der weitaus grössere Theil, nämlich 84 davon, schwankte nur zwischen 89 und 85°.

Es steht also die Kniebasis in der Regel nicht senkrecht zur mechanischen Femuraxe, sondern bildet mit ihr einen nach aussen offenen nicht constanten Winkel von 89 bis 85°, in den selteneren Extremen von 90 bis 82° (im Mittel 87°).

Der Winkel der Kniebasis mit der anatomischen Femuraxe ist dem Vorangehenden zufolge um 5 bis 7° kleiner, beträgt also ungefähr 84 bis 76°, im Mittel 81°. Es ist allgemein bekannt, dass, wenn man den Femurschaft vertical stellt, der Condylus internus viel tiefer steht, als der Condylus externus, was von Manchen so aufgefasst wird, als ob der erstere länger sei als der letztere. Den geometrischen Ausdruck für dieses Stellungsverhältniss gibt der zuletzt angegebene Winkel.

Aber auch bei verticaler Stellung der mechanischen Femuraxe steht der innere Condyl in der Regel noch etwas tiefer als der äussere, und erst, wenn man man auch die mechanische Femuraxe etwas nach Aussen neigt, stellt sich die Kniebasis in die Horizontale. Es nähert sich diese Lage ungefähr der Stellung der Extremität bei aufrechter Attitude mit aneinander geschlossenen Beinen.

Diesen Punkt heben auch Langer sowie Hyrtl und Luschka hervor, Merkel hingegen gibt an, dass bei der erwähnten Stellung der Condylus externus tiefer stehe, und die Kniebasis einen Winkel von 0 bis 6° mit der Horizontale bilde. Es bestätigt diese Angabe nur das Vorkommen nicht unbeträchtlicher individueller Schwankungen. Etwas abweichend ist die Angabe von F. Schmid[1], welcher am Femur von 12 Individuen für den zwischen Kniebasis und Femurschaft gelegenen Winkel, welchen er Kniewinkel nennt, 65 bis 84° im Mittel 79° gefunden hat.

Der variablen Stellung der Kniebasis entsprechend, wird natürlich auch die Lage der Drehaxe des Kniegelenks denselben Schwankungen unterworfen sein, abgesehen von jenen, welche durch die wechselnden Differenzen der Krümmungsradien der Condylen bedingt wird. Es ist nicht nur interessant, dass die Stellung der Drehaxe des Kniegelenks so grossen Schwankungen unterliegen kann, sondern auch wichtig, zu wissen, dass die Lage der Kniebasis und somit auch die Stellung beider Condylen zur Horizontalen auch unter normalen Verhältnissen ganz beträchtliche Differenzen zeigen kann; dies aus dem Grunde, weil diese Differenzen unter pathologischen Verhältnissen (Genu valgum und Genu varum) sich in abnormer Weise steigern können.

Die Messung des Kniebasiswinkels an 15 Extremitäten von Kindern unter 2 Jahren ergab Winkelwerthe von 90 bis 88°; er ist hier also durchschnittlich grösser als bei Erwachsenen und weicht nur um 0 bis 2° vom rechter Winkel ab.[2]

Ich will hier die kurze Besprechung eines Winkels anschliessen, welcher mit dem soeben behandelten gewissermaassen correspondirt. Es ist dies der Winkel, welchen die anatomische Femuraxe mit der Grenzlinie zwischen dem Planum popliteum und beiden Condylen bildet. Diese Grenzlinie entspricht am wachsenden Knochen ungefähr[3] der Richtung der Epiphysenlinie, und kann am ausgewachsenen als beiläufige Richtungslinie der ehemals bestandenen Epiphysenfuge angesehen werden. Ich habe diesen Winkel in allen Fällen im Anschlusse an den Kniebasiswinkel gemessen und will ihn Epiphysenlinienwinkel nennen.

[1] A. a. O.

[2] Dieser Unterschied steht mit der später zu besprechenden physiologischen Krümmung der unteren Extremität des Neugeborenen (Crus varum) in Zusammenhang.

[3] Sie liegt in der Wirklichkeit etwas unter der Epiphysenlinie und schliesst mit ihr in der Regel einen sehr kleinen nach innen offenen Winkel ein.

Dieser Winkel ist der geometrische Ausdruck für die Richtung, in welcher die untere Epiphyse des Femur an die Diaphyse angesetzt ist.

Ich habe an den 100 von mir gemessenen Oberschenkeln gefunden, dass der genannte Winkel in der Regel grösser ist, als der Kniebasiswinkel, und zwar im Durchschnitt um etwa 2°. Es kommt aber auch vor, dass er um 3, 4, selbst 6° grösser, oder aber in seltenen Fällen dem Kniebasiswinkel gleich oder sogar um 1 bis 2° kleiner ist. Abgesehen von diesen Schwankungen correspondirt der Epiphysenlinienwinkel immer mit dem Kniebasiswinkel, d. h. er wird mit diesem grösser oder kleiner.

Die Differenz zwischen diesen zwei Winkeln wird hauptsächlich abhängen von der Art der Krümmung beider Condylen. Dass die letztere gewissen individuellen Schwankungen unterliegt, wissen wir nach den exacten Untersuchhngen von H. Albrecht;[1] es steht aber fest, dass sie unter normalen Verhältnissen nicht gross sind.

Bei Neugeborenen sind diese Verhältnisse ähnlichen Schwankungen unterworfen. An 12 Extremitäten von Kindern unter 1 Jahre fand ich den Epiphysenlinienwinkel um 0 bis 4° grösser, als den Kniebasiswinkel.

Da ich den Torsionswinkel des Femur später im Zusammenhange mit dem der Tibia besprechen werde, so bleibt mir nur noch übrig, einiger individueller Differenzen am Femur Erwähnung zu thun, die ich nicht zum Gegenstande genauerer Messungen gemacht habe.

Was 1) die Gestalt des Schenkelkopfes betrifft, so habe ich die grössten Verschiedenheiten gefunden. Die Gestalt des Kopfes ist bekanntlich durch die Untersuchungen von Aeby und Schmid auf ein Elipsoid zurückgeführt, dessen Drehungsaxe beim Erwachsenen grösser ist, als der Aequatorialdurchmesser. Aus der an diese Untersuchungen sich anschliessenden Controverse zwischen Aeby und Albert ging weiter hervor, dass die zwei verschiedenen Axen des Schenkelkopfes in einem nicht constanten Längenverhältnisse zu einander stehen und in manchen Fällen einander selbst gleich sein können (auch beim Erwachsenen). Man findet darum sowohl Schenkelköpfe, welche die Gestalt eines auffallend lang gezogenen Elipsoids haben, als auch solche, welche der Kugelform ganz nahe stehen.

Weiterhin wäre zu erwähnen die Krümmung des Schenkelschaftes. Ich muss hier nochmals hervorheben, dass derselbe en face

[1] Zur Anatomie des Kniegelenks. *Deutsche Zeitschr. für Chirurgie.* VII. 433.

gesehen am normalen Knochen ganz gerade ist, und dass man deshalb die geringsten pathologischen Abweichungen in dieser Richtung genau nachweisen kann. In der Profilansicht zeigt er bekanntlich eine leicht *S*-förmige Gestalt, wobei die obere Krümmung viel kürzer ist, und nur dem obersten Viertel des Knochens angehört. Es sind dies Verhältnisse, auf welche H. Meyer und Merkel ausführlich hingewiesen haben. Ersterer hebt auch hervor, dass diese Krümmung es ist, welche bei rhachitischen Erweichungen des Knochens sich zur auffälligen Difformität steigert.

Von den individuellen Differenzen am unteren Femurende soll noch später die Rede sein.

D. Die Tibia.

Ausser den besprochenen individuellen Schwankungen in den Querdimensionen dieses Knochens und dem später zu besprechenden Torsionswinkel ist vor Allem die Richtung, in welcher die obere Epiphyse angesetzt ist, zu berücksichtigen, und dann der Winkel, den die obere Gelenkfläche mit der Axe des Knochens in der Frontalebene bildet. Directe Messungen in dieser Richtung wären wohl nicht so einfach auszuführen, da es sich doch um die tiefsten Punkte der den Condylen entsprechenden Gelenkflächen handeln müsste. Der Winkel, den die Verbindungslinie dieser Punkte mit der Axe des Knochens bildet, ist aber leicht auf indirectem Wege zu bestimmen, wenn der Kniebasiswinkel und der Winkel zwischen der Tibia- und der mechanischen Femuraxe bekannt ist. Da dieser letztere, wie später erörtert werden soll, in der Regel 180° beträgt, oder davon nicht viel abweicht, so ist der gesuchte Winkel in den meisten Fällen der Ergänzung des Kniebasiswinkels zu 180° gleich. Er beträgt demnach an normalen Extremitäten im Durchschnitt 95 bis 91° und kann in den Extremen zwischen 98 und 90° schwanken. Es ist also die ganze obere Gelenkfläche der Tibia bei verticaler Stellung des Knochens in der Regel um einige Grade nach innen geneigt.

In Kürze möchte ich noch die Form erwähnen, welche der Tibiaschaft von vorne gesehen zeigt. Dieselbe erscheint nämlich auch an ganz wohlgebildeten Knochen leicht *S*-förmig. Die Krümmung betrifft aber nur die Crista tibiae und rührt daher, dass diese am oberen Ende von der Tuberositas patellaris nach aussen abbiegt, während sie am unteren Ende sich gegen den Malleolus internus verliert. Diese Krümmung findet sich bald schwächer, bald stärker; in einigen Fällen fand

ich sie so stark, dass der ganze Knochen deutlich daran theilnahm. Es waren dies wohl Knochen, denen eine überstandene rachitische Erkrankung diesen Stempel aufgedrückt hatte. Unter 200 Tibien fand ich 8 mit abnorm starker Krümmung dieser Art.

E. Der Torsionswinkel des Femur und der Tibia.

Unter dem Torsionswinkel des Femur und der Tibia werden wir im Sinne Gegenbauer's[1] jenen Winkel verstehen, welchen die Drehaxen der an den Enden dieser Knochen etablirten Gelenke mit einander einschliessen. Wir gehen dabei von der Idee aus, dass, wenn der Knochen nicht torquirt, also der Torsionswinkel = 0 ist, die betreffenden Drehaxen in einer Ebene liegen, und dass die Abweichung der Axen in einer oder der anderen Richtung durch eine Torsion des Knochens bedingt sei.

Unserer allgemeinen Vorstellung über den Bau der unteren Extremität liegt unbewusst die Anschauung zu Grunde, dass die Drehaxen der drei Haüptgelenke derselben in einer Ebene liegen, weil die Hauptbewegungen in diesen Gelenken auch annähernd in derselben Ebene vor sich gehen sollen. Es ist aber bekannt, dass diese Anschauung nicht der Wirklichkeit entspricht, sondern dass sowohl am Ober- als auch am Unterschenkel die Drehaxen an den Knochenenden nicht parallel stehen und dass der Winkel zwischen ihnen ein variabler ist. Am Femur ist nämlich die Rotationsaxe des Schenkelkopfes in der Regel so gestellt. dass Kopf und Hals zusammen nach vorn gewendet erscheinen; und an der Tibia ist die Axe des Fussgelenks in demselbem Sinne gewendet. indem ihr inneres Ende weiter nach vorn liegt, als das äussere (vorausgesetzt, dass die Axe des Kniegelenks genau in der Frontalebene steht). Beiläufige Angaben über diese Verhältnisse geben Henle[2], Langer[3], Aeby[4], H. Meyer[5] und Quain-Hoffmann[6]. während sich von Merkel[7], Schmid[8] und W. Braune[9] genauere Messungen vorfinden. Der Erstere fand an 12 Oberschenkeln Torsionswinkel von 7·2 bis 26·7°, und Schmid an 12 Individuen einen Winkel von 10 bis 19°, im Mittel 11·8°

[1] Ueber die Drehung des Humerus. *Jena'sche Zeitschrift*, IV. 50.
[2] A. a. O.
[3] *Lehrbuch d. Anat.*
[4] *Bau des menschl. Körpers.*
[5] *Lehrbuch d. Anat.*
[6] *Lehrb. d. Anat.*
[7] A. a. O.
[8] A. a. O.
[9] A. a. O.

(Schmid fasste den Winkel hier im entgegengesetzten Sinne auf). Für die Tibia fand Letzterer bei 15 erwachsenen Individuen einen Torsionswinkel von 3 bis 32°, im Mittel 19° und Braune an 17 Extremitäten 2 bis 32°.

Ich habe nun an 120 Extremitäten Erwachsener den Torsionswinkel des Femur und der Tibia gemessen; dio Methode war folgende: Am Femur wurde die Drehaxe des Kniegelenkes dadurch markirt, dass, während der Knochen der Länge nach auf der Tischplatte lag, und der hintere Theil beider Condylen diese berührte, je eine lange Stahlnadel in die Gegend des äusseren und inneren Epicondylus gesteckt wurde. Beide Nadeln waren von der Unterlage gleichweit entfernt und wurden derselben genau parallel gerichtet. Die Richtung der Nadeln entsprach auf diese Art so genau als möglich der Drehaxe des hinteren Abschnittes der Condylen, denn sie war der hinteren Contactlinie derselben parallel. Natürlich setzt dies voraus, dass der Krümmungsradius dieses Abschnittes der Condylen auf beiden Seiten gleich sei. Wenn dies auch nur selten genau zutrifft, so wissen wir doch nach den Untersuchungen von Albrecht, dass die Differenz zwischen den betreffenden Krümmungsradien in keinem Falle bedeutend ist. Da im Gegensatz hierzu die Drehaxe für den vorderen Abschnitt beider Condylen an demselben Knochen variabel ist, so konnte diese für die Messung nicht gut verwerthet werden. Am oberen Ende des Knochens wurde zunächst der Drehpunkt des Gelenkskopfes auf seinen obersten Scheitel projicirt. Dies geschah in ähnlicher Weise wie früher, nämlich durch Schwärzung der Knorpelfläche mittelst der horizontal gehaltenen Schiefertafel, während der Knochen vertical suspendirt wurde. Von dem nun projicirten Mittelpunkte aus wurde die Richtung des Halses bestimmt. Als Richtungslinie galt jene Linie, welche von dem Mittelpunkte des Kopfes gegen den grossen Trochanter zog und die Mitte zwischen den Conturen des Halses einhielt, welche dieser bei der verticalen Projection ergab. Da der Hals von den Seiten her plattgedrückt ist und an der S-förmigen Krümmung des ganzen Femur participirt, so steht er bei der verticalen Lage des ganzen Knochens etwas schief, was bei der Bestimmung seiner Richtung berücksichtigt werden muss. In der Verlängerung der so gefundenen Richtungslinie wurden in den Trochanter und in den Schenkelkopf Stahlnadeln gesteckt. Nun wurde der Knochen unter dem Lucae'schen Zeichenapparate vertical befestigt und der durch die Richtung der Nadeln bezeichnete Winkel bestimmt.

An der Tibia wurde als Queraxe der oberen Gelenkfläche jene Linie angenommen, welche durch die Mitte der Eminentia intercondyloidea ging und beide Flächen in gleichmässiger Weise theilte, so dass

ihre vorderen Abschnitte ungefähr gleich gross wurden und die hinteren ebenso. In dieser Richtung wurden nun zu beiden Seiten die Nadeln in den Knochen gesteckt. Es ist klar, dass diese Bestimmungsweise auf nicht allzu grosse Genauigkeit Anspruch machen kann. Da aber die Drehaxe des Kniegelenks aussorhalb der Tibia liegt und eine sehr wechselnde Stellung zu ihr einnimmt, so müssen wir uns mit einer beiläufigen Bestimmung begnügen. Aus diesem Grunde habe ich auch auf die Bestimmung der Drehaxe des Fussgelenks am unteren Tibiaende nicht zu viel Mühe verwendet und sie nur dadurch bestimmt, dass ich nach dem Augenmaasse in der Richtung der Hohlrolle zu beiden Seiten die Nadeln in den Knochen feststeckte. Zu dieser Bestimmung wurde die Fibula in der Verbindung mit der Tibia belassen (die Malleolen entsprechen nicht genau den Endpunkten der Drehaxe des Fussgelenks. Der innere liegt etwas vor, der äussere etwas hinter ihr.)

Die folgende Tabelle enthält das Resultat der Messungen. Die Anordnung ist nach der Grösse des Torsionswinkels des Femur getroffen. Der Winkel der Tibia ist beigefügt und ausserdem noch die Differenz zwischen beiden. Das dem Kniegelenk angehörige Ende beider Knochen ist als fix angenommen, das entgegengesetzte als gedreht. Wenn die Drehaxe des Kniegelenks in der Frontalebene steht, so bedeutet das Zeichen + die Wendung des Halses nach vorn, — die Drehung in der entgegengesetzten Richtung, d. h. die Wendung des Halses hinter die Frontalebene.

Tabelle über den Torsionswinkel des Femur und der Tibia an 120 Extremitäten.

Nr.	Torsionswinkel in Graden. Femur.	Tibia.	Differenz.	Nr.	Torsionswinkel in Graden. Femur.	Tibia.	Differenz.
1	− 25	26	51	15	+ 3	5	2
2	− 11	7	18	16		8	5
3	− 8	22	30	17		5	2
4	− 7	18	25	18		36	33
5		30	37	19	4	0	− 4
6		2	9	20		5	1
7	− 6	20	26	21		19	15
8		12	18	22		39	35
9	− 3	13	16	23		16	12
10		6	9	24		9	5
11	0	25	25	25	5	30	25
12		19	19	26		24	19
13		10	10	27	6	20	14
14		8	8	28		3	− 3

Nr.	Torsionswinkel in Graden. Femur.	Tibia.	Differenz.
29		26	20
30		17	11
31		20	14
32	7	9	2
33		18	11
34		12	5
35		2	— 5
36	8	17	9
37		11	3
38		18	10
39		19	11
40		14	6
41	9	9	0
42		11	2
43		18	9
44		15	6
45		0	— 9
46	10	9	— 1
47		3	— 7
48		28	18
49		27	17
50		36	26
51		17	7
53	11	27	16
53		13	2
54		21	10
55		16	5
56		30	19
57	12	3	— 9
58		10	— 2
59		18	6
60		18	6
61		38	26
62		18	6
63		23	11
64		4	— 8
65		18	6
66		16	4
67		12	0
68		8	— 4
69	13	18	5
70		12	— 1
71		20	7
72		11	— 2
73		6	— 8
74	14	6	— 8

Nr.	Torsionswinkel in Graden. Femur.	Tibia.	Differenz.
75		24	10
76		13	— 1
77		12	— 2
78		48	34
79		6	— 8
80		29	15
81	15	18	3
82		8	— 7
83		5	— 10
84	16	13	— 3
85	17	13	— 4
86		19	2
87		8	— 9
88		30	13
89	18	16	— 2
90		27	9
91		6	— 12
92	19	7	— 12
93		18	— 1
94		8	— 11
95	20	19	— 1
96		15	— 5
97		6	— 14
98		3	— 17
99		19	— 1
100		26	6
101	21	17	— 4
102		10	— 11
103	22	7	— 15
104		12	— 10
105	23	14	— 9
106		20	— 3
107		11	— 12
108	24	20	— 4
109		29	5
110		19	— 5
111		9	— 15
112	26	17	— 19
113	27	28	1
114		15	— 12
115		7	— 20
116	28	10	— 18
117		7	— 21
118	30	21	— 9
119	31	20	— 11
120	37	17	— 20

Wie ein Blick auf die Tabelle zeigt, betragen die äusserten Extreme des Torsionswinkels am Femur — 25 [1] und + 37°. Die Differenzen zwischen beiden Extremen ist 62°.

Es folgt daraus, dass der Schenkelhals beim Menschen nicht nur nach vorn abgebogen sein kann, sondern auch, obgleich seltener, nach hinten und zwar mitunter in ganz auffallendem Grade. Ein Umstand, auf den, so viel mir bekannt ist, bisher noch Niemand aufmerksam gemacht hat. Fernerhin zeigt es sich, dass die individuellen Differenzen sehr gross sind, viel grösser, als man bisher angenommen hat. Sie betragen in den äussersten Extremen 62° und abstrahirt man von den 3 ersten und den 3 letzten Fällen als seltenen Formen, so bleiben noch immer 114 übrig, deren Torsionswinkel zwischen — 7 und + 28° schwankt, also die noch immer bedeutende Schwankung von 35° zeigt.

Die Drehung des Schenkelhalses nach rückwärts ist, wie gesagt, nicht häufig. In der Tabelle findet sie sich nur 10 mal, also bei ungefähr 8 % der Extremitäten. Nahezu $^2/_3$ derselben zeigen einen Winkel zwischen + 4 und 20° und als mittlerer Werth des Torsionswinkels ergiebt sich beiläufig + 12°.

Figg. 7 und 8 geben die schematische Darstellung der zwei hierher gehörigen äussersten Extreme.

An der Tibia sind die individuellen Schwankungen auch sehr bedeutend. Sie betragen der Tabelle zufolge 48° (zwischen 0 und 48°); der Knochen findet sich jedoch immer in derselben Richtung, nämlich nach aussen torquirt. Wenn es auch bei der ungenauen Bestimmungsmethode des Torsionswinkels der Tibia auf wenige Grade Differenz nicht ankommen kann, so reicht die von mir angewendete Messungsmethode doch hin, um von der Art und Grösse der individuellen Schwankungen ein beiläufiges Bild zu geben. [2]

Stellen wir die gefundenen Winkelwerthe nach ihrer Grösse zusammen, so finden wir mit einem Torsionswinkel von

0 bis 5°	14 Tibien
6 „ 10°	24 „
11 „ 15°	20 „
16 „ 20°	35 „
21 „ 25°	7 „
26 „ 30°	11 „
31 „ 35°	4 „
36 „ 40°	4 „
40 „ 50°	1 „

[1] Ich muss ausdrücklich hervorheben, dass sich an dem betreffenden Femur keinerlei Zeichen einer vorangegangenen Erkrankung des Knochens finden liessen.

[2] Die genauere Messungsmethode W. Braune's (a. a. O.) wurde mir erst nach

Zieht man neun Fälle mit ungewöhnlich grossem Torsionswinkel ab, so bleiben noch immer 111 Unterschenkelknochen, deren Torsionswinkel zwischen 0 und 30° schwankt. Zwischen 5 und 20° fanden sich fast $^2/_3$ der Knochen. Es ist also das untere Ende der Tibia am häufigsten um 5 bis 20° nach aussen gedreht. Es kann aber die Torsion in manchen Fällen ganz unbedeutend, selbst = 0 sein; in anderen selteneren Fällen kann die Drehung so stark werden, dass das untere Ende gegen das obere fast einen halben rechten Winkel bildet. In Figg. 9 und 10 findet sich das Schema der zwei extremen Formen.

Wichtig ist die Differenz der Torsionswinkel beider Knochen an einer Extremität; sie gibt das Stellungsverhältniss der Drehaxe des Hüftgelenks zu der des Fussgelenks an (die mit der Streckung im Knie verbundene Schlussrotation müsste zur genaueren Bestimmung noch in Rechnung gezogen werden.) Die Differenz der Torsionswinkel beträgt auf der Tabelle — 20 bis + 51°. (Das Zeichen + bedeutet, dass die Axe des Fussgelenks gegen jene des Hüftgelenks nach aussen gedreht ist.) An $^5/_6$ der Extremitäten beträgt die Differenz jedoch viel weniger, nämich — 12 bis + 20°. Und in $^2/_3$ der Fälle nur + 11 bis — 11°.

Es folgt daraus, dass die Tibia sowohl stärker als auch schwächer torquirt sein kann, als das Femur. Die Differenz der Torsionswinkel ist aber in der grösseren Zahl der Fälle ($^2/_3$) so gering, dass man annehmen kann, dass in diesen Fällen die Drehaxen des Hüft- und des Fussgelenks annähernd parallel stehen. Es kann aber die Differenz auch grösser sein und zwar nach beiden Richtungen. Häufiger ist aber die Tibia stärker nach aussen torquirt, als das Femur; ich fand 10 mal eine Differenz von 25 bis 35°, einmal sogar von 51°.

Ein Zusammenhang der Grösse und Art des Torsionswinkels mit anderen individuellen Differenzen, namentlich mit der absoluten Länge, mit den Querdimensionen, mit dem Neigungswinkel des Schenkelhalses war nicht zu constatiren.

Die Torsionswinkel an beiden Extremitäten eines Individuums sind sehr häufig annähernd gleich oder wenig different; es findet sich aber zuweilen eine sehr auffallende Ungleichheit, wie ich an Cadavern und an Lebenden zu beobachten Gelegenheit hatte.

Vollendung dieser Arbeit bekannt. Die von ihm gewählten Fixpunkte, die Seitenligamente des Kniegelenks und die Malleolen können jedoch auch nicht als ganz zuverlässige Anhaltepunkte gelten, da weder die einen noch die anderen in einem constanten räumlichen Verhältniss zu den betreffenden Gelenksaxen stehen. In Bezug auf das Kniegelenk ist dies von Albrecht (a. a. O.) durch Messungen nachgewiesen.

An Neugeborenen und im weiteren Wachsthum begriffenen Individuen sind die individuellen Differenzen der Torsionswinkel ganz ähnlich. Es folgt hier die tabellarische Zusammenstellung der an 38 Extremitäten gefundenen Winkelwerthe.

Unter 2 Jahren.				2 bis 5 Jahre.				Ueber 5 Jahre.				
Nr.	Femur.	Tibia.	Differenz.	Nr.	Femur.	Tibia.	Differenz.	Nr.	Alter in Jahren.	Femur.	Tibia.	Differenz.
1	— 19	5	24	1	— 8	8	16	1	11	12	27	15
2	— 6	13	19	2	— 6	7	13	2	—	18	20	2
3	+ 8	10	2	3	— 3	0	— 3	3	14	18	7	— 11
4	10	11	— 1	4	7	9	2	4	—	28	8	— 20
5	12	6	— 6	5	9	10	1	5	16	9	17	8
6	14	5	— 9	6	10	17	7	6	—	4	22	18
7	22	9	— 13	7	10	7	— 3	7	—	4	14	19
8	25	24	— 1	8	11	19	8	8	—	16	20	4
9	28	3	— 25	9	12	0	12	9	17	12	0	— 12
10	30	20	— 10	10	14	5	9	10	18	22	23	1
11	31	5	— 26	11	15	3	12	11	—	23	20	— 3
12	31	10	— 21	12	19	13	— 6					
13	33	5	— 28	13	22	12	— 10					
14	39	7	— 32									

Es ergiebt sich in der 1. Gruppe an 14 Extremitäten von Kindern unter 2 Jahren ein Torsionswinkel des Femur, welcher zwischen —19 und +39° schwankt, also um 58°; an der Tibia beträgt die Schwankung 21° (zwischen 3 und 24°). Die Differenz zwischen beiden Torsionswinkeln schwankt zwischen —32 und +24°.

In der 2. Gruppe (2—5 Jahre) schwankt der Torsionswinkel des Femur zwischen —8 und +22°, also um 30°; der Torsionswinkel der Tibia zwischen 0 und 19°, also um 19°; die Differenz beider zwischen —12 und +16°.

Bei der 3. Gruppe (5—18 Jahre) schwankt der Torsionswinkel des Femur zwischen 4 und 28°, d. h. um 24°; bei der Tibia zwischen 0 und 27°, d. i. um 27°, und die Differenz zwischen beiden Torsionswinkeln zwischen —12 und +20°.

Das Ergebniss der Messungen an kindlichen Extremitäten ist darum von Interesse, weil daraus hervorgeht, dass die individuellen Differenzen der Torsionswinkel beider Knochen sich schon in frühester

Kindheit finden, zu einer Zeit, wo der Gebrauch der unteren Extremitäten noch ein minimaler ist, und somit der Einfluss der Musculatur auf die Form dieser Knochen ausgeschlossen werden kann. Es folgt also daraus, dass differente Torsionswinkel schon intra uterum vorhanden sind und hier wohl von verschiedenen Stellungen des Fötus abhängen. An der kindlichen Tibia scheinen jedoch die Schwankungen geringer zu sein als bei Erwachsen. Es unterliegt keinem Zweifel, dass nach begonnenem Gebrauche der Extremitäten der Torsionswinkel beider Knochen unter dem Einflusse der Musculatur sich ändern könne. Für beide Knochen lassen sich Muskeln finden, welche unter Umständen torquirend auf dieselben einwirken können, insbesondere bei combinirten Bewegungen des Rumpfes. Einen ähnlichen Einfluss müssen gewisse andauernde Stellungen der Extremitäten haben.

An die in trockenen Zahlen ausgedrückten Messungsresultate über den Torsionswinkel des Femur und der Tibia lassen sich ganz interessante Betrachtungen practischer Natur anknüpfen.

Es ist vor Allem für die Physiologie des Gehens und Stehens nicht gleichgiltig, in welcher Richtung die Drehaxen der drei Hauptgelenke der unteren Extremität zu einander stehen. Ich will es hier unentschieden lassen, ob es zweckmässiger ist, wenn dieselben einander genau parallel sind, oder aber einen bestimmten Winkel einschliessen. Es ist aber sicher, dass gewisse extreme Verhältnisse die Mechanik der unteren Extremität nachtheilig beeinflussen werden. So kann es z. B. für das Gehen nicht gleichgiltig sein, ob die Axe des Fussgelenkes zu jener des Kniegelenkes parallel steht, oder mit ihr einen halben rechten Winkel bildet wie es in der That vorkommt. Eine combinirte Bewegung, welche zugleich beide Gelenke in Anspruch nimmt, wird im letzteren Falle Excursionen zu Stande bringen, welche nicht in derselben, sondern in zwei unter einem Winkel von 45° sich schneidenden Ebenen vor sich gehen. Durch das untere Sprunggelenk kann diese Incongruenz allerdings compensirt werden, aber doch nur indem der ganze Modus der Bewegung alterirt wird.

Wenn ein Individuum aufrecht steht, so drückt sich der Torsionswinkel oft sehr deutlich in der Stellung der Füsse aus. Beobachtet man genau, so findet man Individuen, die bei ungezwungener Haltung beide Füsse fast parallel stellen, andere dagegen, bei welchen dieselben mehr oder weniger divergiren, und nicht selten fast einen rechten Winkel einschliessen. Es ist dies bei Jedem die natürliche, durch den Torsionswinkel der Schenkelknochen bedingte Stellung, die zu ändern es einer Rotation durch Muskelkraft bedarf. Daher müssen die Recruten die militärisch vorgeschriebene Stellung der Füsse gerade so lernen, wie die Haltung des Rumpfes.

Aehnliche Differenzen zeigen die verschiedenen Individuen während des Ganges; nur drückt sich der Torsionswinkel hier noch in einem zweiten Punkte aus, nämlich in der Excursionsrichtung des Kniees bei der Beugebewegung, indem es dabei bald genau nach vorn, bald mehr nach vorn und aussen ausweicht. Die früher erwähnte Differenz der Torsionswinkel an beiden Beinen kommt nicht selten beim Stehen und Gehen recht auffallend zum Ausdruck.

Was die mechanischen Erkrankungen der beiden Knochen betrifft, so liesse sich zunächst die Frage aufwerfen, ob nicht der Torsionswinkel des Femur auf die Luxationen im Hüftgelenke, auf ihre Entstehung und die Art der Dislocation von Einfluss sei. Albert[1] hat jüngst den Excursionskegel des Femur bei den drei Hauptarten der Luxation graphisch dargestellt und gefunden, dass sich bei jeder derselben ein, der Lage und Form nach charakteristischer Excursionskegel beschreiben lässt. Es ist klar, dass die Excursionskegel wenigstens in ihrer Lage durch den Torsionswinkel des Femur wesentlich alterirt werden, und somit nicht ohne weiteres als differentialdiagnostisches Hilfsmittel verwendbar sind.

Nicht ohne Bedeutung wird auch für die Fracturen des Schenkelhalses und besonders für das Zustandekommen der einzelnen Arten derselben (auch einer eventuellen Einkeilung) der Torsionswinkel des Femur, sowie die anderen individuellen Differenzen: der Neigungswinkel, die Länge und verticale Breite des Halses sein.

Der Torsionswinkel dürfte ferner Berücksichtigung verdienen, wenn es sich darum handelt, bei Fracturen des Femurschaftes und beider Unterschenkelknochen die Fragmente quoad peripheriam richtig zu stellen. Mit dem Femur wird man freilich an der ringsum von dicker Musculatur umgebenen Diaphyse kaum Anhaltspunkte dafür finden, und eine leichte Axendrehung an der Fracturstelle würde hier auch nicht viel zu bedeuten haben. Am Unterschenkel aber wird eine stärkere Rotation eines Fragmentes eine mitunter recht auffällige Difformität zur Folge haben. Ist die Umgebung der Fracturstelle nicht beträchtlich geschwollen, so findet man an dieser selbst die sichersten Anhaltspunkte zu einer correcten Adaptirung. Ist aber die Geschwulst so bedeutend, dass sich die Fragmentenden nicht durchfühlen lassen, so wird es jedenfalls nothwendig sein, sich nach den von der Fracturstelle entfernteren Theilen der Tibia zu orientiren, wie gross ungefähr deren Torsionswinkel ist. Da dieser individuelle Schwankungen bis zu einem halben rechten Winkel zeigt, so ist es jedenfalls zu verwerfen, wenn man bei allen Individuen eine und dieselbe Stellung als Richtschnur annimmt.

[1] Der Excursionskegel des Femur bei Luxationen des Hüftgelenks. *Berichte des naturwissenschaftl. medicin. Vereins in Innsbruck.* 7. Jahrg., S. 137.

Schliesslich dürfte der Torsionswinkel auch Berücksichtigung finden, wenn es sich überhaupt darum handelt, die Extremität aus irgend einem Grunde zu lagern, zu fixiren, zu extendiren. Die gebräuchliche Form des Petit'schen Stiefels und alle ähnlichen Lagerungsvorrichtungen entsprechen noch dem Vorangehenden in den seltensten Fällen einer ungezwungenen Lage des ganzen Beines und es wird dadurch mancher Extremität eine sehr gezwungene Stellung aufgedrungen. Die Folge davon ist, dass die ganze Extremität unter einem gewissen torquirenden Einflusse steht, welcher sich am Locus minoris resistentiae in einer schädlichen Weise geltend machen kann.

F. Das statische Verhältniss zwischen Femur und Tibia.

Das Kniegelenk besitzt bekanntlich nur bei voller Streckung eine stabile Lage; das statische Verhältniss der zwei, im Kniegelenke verbundenen Knochen wird sich genau bestimmen lassen durch die Winkel, welche ihre mechanischen Axen in drei auf einander senkrechten Ebenen bilden. Es sind dies: der Winkel in der Sagittalebene = Streckwinkel, der Winkel in der Frontalebene = Seitenwinkel, der Winkel in der Horizontalebene = Rotationswinkel. Die ersten zwei Winkel betragen unter normalen Verhältnissen 180° oder weichen nur wenige Grade davon ab; der dritte Winkel hat eine wechselnde Grösse und beträgt wohl selten mehr als 20°. Dass alle drei Winkel mit einander im Zusammenhange stehen, und von gewissen anatomischen Verhältnissen der Gelenkflächen und Bänder abhängen, wissen wir nach den genauen Untersuchungen von Langer, Henke, H. Meyer u. A. Langer und Hüter haben auch gezeigt, dass dieser Zusammenhang für die Entstehung pathologischer Abweichungen in dieser Richtung von Bedeutung ist. (Genu valgum.)

Ist es auf anatomischen Wege nachgewiesen, dass Streck-, Seiten- und Rotationswinkel von einander abhängen, so wird es die Aufgabe einer grösseren Messungsreihe sein, nicht nur zu eruiren, in wie weit die einzelnen Winkel unter normalen Verhältnissen variiren, sondern auch zu untersuchen, in welcher Weise dieselben bei verschiedenen Individuen zusammenhängen.

a. Der Streckwinkel.

Bekanntlich geht man im Allgemeinen von der Vorstellung aus, dass der vom Ober- und Unterschenkel gebildete Winkel bei voller Strecklage des Kniegelenkes ein gerader = 180° sei. Die Gebrüder Weber gehen von dieser Annahme aus, wenn sie angeben, dass der Ex-

cursionswinkel im Kniegelenke 160° betrage. Die einfache Beobachtung an normalen Individuen genügt aber, um sich zu überzeugen, dass dieser Winkel nicht selten überschritten wird; wenn die Ueberschreitung an normalen Individuen auch nur wenige Grade beträgt, so ist sie für die Statik des Kniegelenkes doch von Bedeutung. Ich habe deshalb bei 100 Extremitäten den Streckwinkel bestimmt. Die Methode war sehr primitiv und kann auf grosse Genauigkeit nicht Anspruch machen, sie genügte aber, um auf einfache Weise die mitunter ganz bedeutenden individuellen Differenzen zu zeigen.

Ich legte eine Extremität, die mit sorgfältiger Schonung des ganzen Gelenkapparates ihrer Musculatur beraubt war, gestreckt mit der Rückseite auf eine ebene Tischplatte, fixirte den Oberschenkel so, dass der Trochanter und beide Condylen die Unterlage berührten und hob nun mit der anderen Hand das Ende des Unterschenkels soweit als möglich von der Unterlage ab, ohne zu grosse Gewalt auszuüben. Ich fand nun sowohl Extremitäten, deren Unterschenkel sich weit überstrecken liess, als auch solche, welche eine volle Streckung auf 180° gar nicht zuliessen. Ich maass nun einfach die Distanz des unteren Tibiaendes von der Unterlage; bei den letztgenannten Extremitäten war natürlich die Distanz eine negative und wurde dadurch bestimmt, dass das Femur mit den Condylen bis an die Tischkante geschoben, die Tibia so weit als möglich gestreckt, und nun die Distanz mittelst eines in der Verlängerung der Tischfläche gespannten Fadens eruirt wurde. Aus der linearen Distanz des unteren Tibiaendes von der Unterlage lässt sich nun durch Construction oder auf trigonometrischem Wege der Winkel berechnen, um welchen der Streckwinkel von 180° abweicht, da die Distanz dem Sinus jenes Winkels proportional ist. Man muss aber dabei berücksichtigen, dass die Stellung der mechanischen Femuraxe zur Unterlage variirt, je nachdem der Schenkelkopf von der Unterlage mehr oder weniger absteht (dem Torsionswinkel entsprechend). Man kann im Durchschnitte annehmen, dass bei einem Torsionswinkel des Femur von +12° (dem durchschnittlichen Winkel) die Femuraxe so steht, dass sie mit der Tibiaaxe einen geraden Winkel bildet, wenn diese der Unterlage gerade aufliegt. Bedeutende Abweichungen vom durchschnittlichen Torsionswinkel des Femur müssen jedenfalls in Rechnung gezogen werden. Auf diese Weise hat sich nun herausgestellt, dass der Streckwinkel an den 100 Extremitäten Erwachsener zwischen 174 und 189° geschwankt hat. Weniger als 180° betrug er 9 Mal, beiläufig 180° 15 Mal, und mehr als 180° 75 Mal, darunter 15 Mal mehr als 185°. In der folgenden Tabelle sind 10 Extremitäten mit den kleinsten und 16 mit den grössten Streckwinkeln zusammengestellt.

Tabelle

über 26 Extremitäten mit auffallend kleinem oder grossem Streckwinkel.

(Bei der Rubrik Deviation bedeutet m medial, l lateral.)

	Nr.	Seite.	Centimeter. Gesammtlänge.	Centimeter. Abstand des Tibiaendes.	Millim. Deviation der Directionslinie.	Torsionswinkel. Femur.	Torsionswinkel. Tibia.	Streckwinkel (ungefähr).	Anmerkung.
Unter 180°.	1	L	78	—4	l 11	7	—	174	Tibia abnorm *S*-förmig.
	2	R	76	—3	m 21	23	20	177	Tibia gerade.
	3	R	86	—2	m 7	6	17	178	Facette lateral mässig, medial ausserordentlich tief.
	4	R	84·5	—2	l 12	13	18	178	Facette lateral mässig, medial ausserordentlich tief.
	5	R	78	—2	l 2	18	16	177	Facette lateral kaum angedeutet, medial sehr schwach.
	6	R	71	—2	l 5	19	5	178	Facetten beiderseits mässig.
	7	R	72·5	—1	l 2	24	29	180	Facetten beiderseits sehr tief gedrückt.
	8	L	86	—1	l 12	11	27	179	Facetten lateral ziemlich stark, medial kaum angedeutet.
	9	L	83	0	m 13	0	10	179	Facetten beiderseits mässig. Tibia stark *S*-förmig.
	10	L	84	0	l 3	0	19	179	Facette lateral sehr stark, medial viel schwächer.
Ueber 180°.	11	L	80	5	l 15	20	24	186	Facette lateral sehr schwach, medial ausserordentlich tief.
	12	L	77	5	m 3	20	2	187	Facette lateral schwach, medial stark.
	13	R	77	5	l 12	—7	3	184	Facetten beiderseits sehr stark.
	14	R	79	5	l 2	15	8	186	Facette lateral kaum angedeutet, medial mässig.
	15	R	79	5	m 9	21	17	188	
	16	R	84	5	l 3	14	48	187	
	17	R	84	5	m 15	24	20	188	
	18	L	85	5	m 7	17	8	188	
	19	R	84	5	m 8	13	11	187	
	20	L	74	5	l 3	12	18	138	
	21	L	74	5	m 4	—	—	188	
	22	R	89	6	l 9	—	—	187	
	23	R	80	6	l 21	27	28	189	
	24	L	79	6	l 10	11	31	188	Facette lateral kaum angedeutet, medial sehr schwach.
	25	R	76	6	l 9	12	4	188	Facette lateral sehr schwach, medial stark entwickelt.
	26	L	83	7	m 2	—6	12	187	

Aus meinen Messungen ergiebt sich, dass die individuellen Differenzen des Streckwinkels ganz beträchtlich sind. Während er in den meisten Fällen einige Grade mehr als 180 beträgt, kann er, wiewohl selten, auch unter 180° stehen, in anderen Fällen aber auch weit grösser werden (186 bis 189°). Es leuchtet ein, dass bei einem Streckwinkel von 180° oder noch weniger das Kniegelenk durch die Streckung nie eine durch seinen Bandapparat gesicherte Stabilität erlangen kann, vorausgesetzt, dass die Belastung in der Richtung der Directionslinie des Beines stattfindet. Leute mit solchen Extremitäten können daher beim Stehen und Gehen das gestreckte Knie nur durch Muskelkraft oder dadurch stabil erhalten, dass sie die Schwerlinie des Körpers durch eine compensirende Haltung des Rumpfes vor die Directionslinie des Beines bringen. Kniegelenke mit einem Streckwinkel, der weit grösser ist als 180°, besitzen dagegen einen hohen Grad von Stabilität, der durch den Bandapparat allein gesichert ist.

Es ist für die Function der Extremität gewiss nicht gleichgiltig, ob ihr das eine oder das andere Extrem des Streckwinkels zukommt; auf der anderen Seite ist es aber nicht zweifelhaft, dass der andauernde Gebrauch der Extremität in einer bestimmten Weise leicht das eine oder das andere Extrem bedingen könne.

b. Der Seitenwinkel.

Sind die beträchtlichen individuellen Differenzen beim Streckwinkel nicht ohne Bedeutung für die Statik des Kniegelenkes, so ist doch ein musculöser Streck- und Beugeapparat da, durch welchen bei nicht zu grossen Abweichungen die statischen Nachtheile leicht beseitigt werden können. Ganz anders steht es beim Seitenwinkel, jenem Winkel, welchen die Axen des Femur und der Tibia in der Frontalebene bilden. Das Kniegelenk besitzt bekanntlich keine Muskeln, welche bei voller Streckung eine seitliche Bewegung zu Stande bringen könnten, abgesehen davon, dass eine seitliche Beweglichkeit durch den Mechanismus des normalen Kniegelenkes ausgeschlossen ist. Es ist also eine Regulirung durch Muskelkraft bei seitlichen Abweichungen nicht möglich. Jenen Seitenwinkel, welchen das Knie bei voller Strecklage einnimmt, behält es ein für allemal bei, und bedingt dieser Winkel ein statisches Missverhältniss, so kann dieses nicht geändert werden. Es ist klar, dass selbst ein verhältnissmässig geringes Missverhältniss in dieser Richtung dadurch an Bedeutung gewinnt, dass dessen Einfluss mit jedem Schritt und Tritt sich geltend macht.

Aus diesem Grunde war es nothwendig, die Messungen des

Seitenwinkels weit genauer vorzunehmen, als die des Streckwinkels, um selbst geringere individuelle Differenzen mit einiger Sicherheit zu bestimmen. Ausserdem dehnte ich die hierhergehörigen Messungen auf alle von mir überhaupt untersuchten Extremitäten aus. Der Messungsmethode legte ich jenes statische Verhältniss zu Grunde, welches einer nach den statischen Anforderungen correcten, ich möchte sagen idealen Construction des Beines entspricht. Dieses Verhältniss findet sich dann, wenn die Directionslinie des Beines, d. i. die Verbindungslinie zwischen dem Drehpunkte des Hüftgelenkes und der Mitte der Drehaxe des Fussgelenkes so läuft, dass sie die Kniebasis in ihrer Mitte schneidet (durch die Mitte zwischen beiden Condylen geht), oder aber, wofern die Kniebasis vor oder hinter die Directionslinie fällt (der Streckwinkel grösser oder kleiner ist), diese letztere durch die Senkrechte geht, welche in der Horizontalebene auf die Mitte der Kniebasis gefällt wird. Je mehr sich die Directionslinie von der Mitte der Kniebasis (von der auf sie gefällten Senkrechten) entfernt, desto ungünstiger wird das statische Verhältniss. Weicht die Directionslinie mehr nach innen ab, so wird der innere Condyl mit der dazu gehörigen Gelenkfläche der Tibia mehr belastet und zwar zu Gunsten der äusseren Partner. Umgekehrt wird die äussere Hälfte des Gelenkes mehr belastet, wenn die Directionslinie nach Aussen abweicht. Ausser der ungleichmässigen Belastung der seitlichen Hälften der Gelenkflächen tritt auch ein ähnliches Verhältniss bei den Seiten- und Kreuzbändern ein, nur im entgegengesetzten Sinne.

Was den Grad der Abweichung betrifft, so muss man unterscheiden, ob die Directionslinie überhaupt noch in dem Bereich der Kniebasis oder aber ob sie ganz ausserhalb derselben liegt. Im ersteren Falle handelt es sich nur um ein relatives, statisches Missverhältniss, im letzteren um ein absolutes, indem dann die eine Hälfte des Gelenkes die ganze Belastung zu tragen hat, während die andere vollständig entlastet ist.

Die Methode, nach welcher ich die Messungen vornahm, war folgende: Die Extremität wurde ihrer Muskeln beraubt und mit intactem Bandapparate mit der Rückseite auf die Tischplatte gelegt. Nur die Patella wurde ausgelöst. Nun wurde in der schon früher beschriebenen Weise der Drehpunkt des Schenkelkopfes auf seinen vorderen Scheitel projicirt (speciell zu diesem Zwecke musste das Femur mit dem unteren Ende bis an die Tischkante geschoben werden, damit beide Condylen der Unterlage auflagen, weil sonst die in der Regel vorstehende Fibula dieses hinderte). Die Projection geschah dadurch auf eine Ebene, welche der hinteren Contactebene der Schenkelcondylen parallel war. Nun wurde mittelst des Zirkels die Mitte des Fussgelenkes in sagittaler und

frontaler Richtung bestimmt, und der gefundene Mittelpunkt auf den untersten Theil der vorderen Tibiafläche projicirt, und zwar mit Bezug auf dieselbe Ebene, wie beim Schenkelkopfe. In die zwei projicirten Punkte wurden Nadeln gesteckt und zwischen beiden ein Seidenfaden ausgespannt, während das Knie ad maximum gestreckt war. Betrug der Winkel weniger als 180°, so wurde eine entsprechend lange Nadel in der Richtung der Projicirenden am Tibiaende festgesteckt und daran der Faden befestigt.

Der Seidenfaden stellte nun die Projection der Directionslinie auf eine, der hinteren Contactlinie der Condylen parallele Fläche dar, und es kam nun darauf an, den Mittelpunkt der Kniebasis auf dieselbe Ebene zu projiciren. Es hat nun seine Schwierigkeiten für diesen Zweck die Mitte der Kniebasis nach der Distanz zwischen beiden Condylen zu bestimmen und zu fixiren. Viel einfacherer und sicherer ist es, den Anhaltspunkt dafür an der Tibia zu suchen, und zwar an der Eminentia intercondyloidea. Wenn diese bei der Strecklage des Kniegelenkes auch nicht immer ganz genau der Mitte der Kniebasis entspricht, so sind die Abweichungen doch nur so gering, dass wir die dadurch entstehenden Fehler ausser Acht lassen können. Ich nahm demnach die Mitte zwischen den zwei Tubercula intercondyloidea der Tibia als die Mitte der Kniebasis an. Während noch der Seidenfaden gespannt war, wurde eine Nadel so in das obere Tibiaende gesteckt, dass ihr hervorstehendes Ende in der Höhe der Gelenkslinie genau vom Seidenfaden gedeckt wurde. Eine zweite Nadel wurde auch am Gelenksende senkrecht auf die Projectionsebene in den Knochen gesteckt, um die Richtung der Projicirenden anzuzeigen. Nun wurde die Tibia vom Femur getrennt, die Mitte der Eminentia intercondyloidea bezeichnet und an diese in der vorher fixirten Projectionsrichtung ein Lineal angesetzt. Der Abstand des dem Seidenfaden entsprechenden Nadelendes vom Lineal wurde mit dem Zirkel gemessen, und stellte die Deviation der Directionslinie dar.

Die Deviation der Directionslinie, bez. des Kniees war dadurch bis auf wenige Millimeter genau bestimmt; da ausserdem auch die anderen geometrischen Verhältnisse der zwei Knochen bestimmt waren, so konnte aus der in Millimetern ausgedrückten Abweichung auf trigonometrischem Wege leicht der Winkelwerth derselben gefunden werden.[1] Das Resultat der auf diese Weise an 200 Extremitäten Erwachsener vorgenommener Messungen war folgendes.

---

[1] Der Seitenwinkel ist in diesem Falle der Winkel eines Dreiecks, dessen Höhe = Deviation und dessen zwei der Basis anliegende Seiten = Länge der Femur- und Tibiaaxen bekannt sind.

Bei 116 Extremitäten wich die Directionslinie nur innerhalb 5 mm nach einer oder der anderen Richtung ab, und zwar konnte ich 18 mal eine Deviation von ungefähr 0; 47 mal von 1 bis 5 mm medialwärts und 51 mal 1 bis 5 mm lateralwärts beobachten. Es entsprachen also 116 Extremitäten, d. i. 58 Procent, fast genau den idealen Anforderungen an ein wohlconstruirtes Bein. Abweichungen zwischen 5 und 10 mm fand ich 59 mal, und zwar 33 mal in medialer, 26 mal in lateraler Richtung. Im Ganzen waren es also 175 Extremitäten = 87·5 %, bei denen sich keine Deviation über 10 mm fand. Wenn auch die Grösse der Deviation erst durch ihr relatives Verhältniss zur Breite der Kniebasis richtig bemessen werden kann, so genügt an Extremitäten Erwachsener doch schon die Vergleichung der absoluten Maasse zu einer beiläufigen Beurtheilung.

Während also 58 Procent „correct gebaut“ waren, waren es noch weitere 29·5 %, die gerade kein nennenswerthes statisches Missverhältniss zeigten. Die übrigen 25 = 12·5 Procent boten aber Abweichungen über 10 mm dar, welche schon erheblich genug waren, um ein relatives statisches Missverhältniss zu bedingen; bei dreien davon fand sich sogar ein absolutes statisches Missverhältniss, indem die Directionslinie ausserhalb der Kniebasis verlief. Die letztgenannten 25 Fälle sind auf S. 390 und 391 tabellarisch zusammengestellt.

In der Tabelle finden sich zunächst 10 Extremitäten, bei welchen die Directionslinie medialwärts, das Knie also nach Aussen abweicht; die Hälfte davon zeigt die noch mässige Abweichung zwischen 10 und 15 mm, bei der anderen Hälfte aber beträgt diese mehr als 20 mm, und bei zweien (Nr. 1 und 2) ist die Deviation grösser als die Hälfte der Kniebasis; die Directionslinie fällt hier somit ausser die letztere. Es sind dies 2 Extremitäten, welche schon als unzweifelhafte pathologische Abweichungen von der Norm angesehen werden müssen, da bei ihnen ein absolutes statisches Missverhältniss obwaltet — Genua vara.

Nr. 3 bis 5 sind als Uebergänge einer normalen Extremität zum Genu varum zu betrachten.

Erhebliche laterale Deviationen der Directionslinie zeigen 15 Extremitäten, und zwar zwischen 11 und 15 mm 9, zwischen 16 und 20 mm 2, zwischen 21 und 25 mm 3 und 36 mm 1 Extremität. Die letztere ist zugleich die einzige mit einem absoluten statischen Missverhältniss und ist als ausgesprochene pathologische Abweichung — Genu valgum, anzusehen, während Nr. 10 bis 14 an der Grenze zwischen dem normalen Knie und dem Genu valgum stehen.

Veranschaulichen wir uns nun, welchen Einfluss die seitliche Deviation der Directionslinie auf das Winkelverhältniss zwischen Femur

Tabelle

über 25 Extremitäten mit erheblicher seitlicher Deviation des gestreckten Kniegelenkes.

Richtung der Deviation der Directionslinie.	Nr.	Seite.	Millimeter. Gesammtlänge.	Millimeter. Distanz d. Condylen.	Millimeter. Deviation der Directionslinie.	Centim. Abstand des Tibiaendes.	Neigungswinkel des Halses.	Torsionswinkel. Femur.	Torsionswinkel. Tibia.	Kniebasiswinkel.	Epiphysenlinienwinkel.	Winkel zwischen Tibia u. Femurschaft.	Anmerkung.
Medialwärts.	1	R	80	56	32	1·5	—	23	17	90	92	184	Obere Gelenkfläche der Tibia deutlich nach innen geneigt.
	2	R	83	50	28	1	127	7	18	91	92	182	Facette lateral schwach, medial colossal entwickelt; Tibia im untersten Viertelabnorm (rhachitisch) gekrümmt.
	3	L	79	51	23	0	131	9	17	86	88	180	Facette lateral schwach, medial ziemlich stark.
	4	R	79	49	22	5	123	10	—	89	81	180	Tibia abnorm *S*-förmig (rhachitisch) gekrümmt.
	5	R	76	43	21	—3	125	23	20	89	88	180	Tibia gerade.
	6	R	84	52	15	5	116	24	29	90	92	177·5	Ebenso.
	7	R	83	55	14	6	127	20	—	89	90	177	Ebenso.
	8	L	83	53	13	0	121	0	10	—	—	176·5	Facetten beiderseits mässig. Tibia im untersten Viertel abnorm (rhachitisch) gekrümmt.
	9	R	74	45	12	4	—	4	15	—	—	177	Tibia gerade.
	10	L	82	52	12	2	—	2	—	87	89	176	Ebenso.

1	L	78	46	11	−4	—	7	—	87	86	171	Tibia abnorm *S*-förmig gekrümmt.
2	L	86	51	12	−1	116	11	27	—	—	171	Facette lateral ziemlich stark, medial kaum angedeutet.
3	R	84·5	50	12	−2	120	13	18	—	—	171	Facette lateral mässig, medial ausserordentlich stark.
4	R	77	42	12	5	132	7	3	86	88	170	Facetten beiderseits sehr stark.
5	L	86	49	12	3	117	3	4	85	87	170·5	Facetten beiderseits sehr schwach.
6	R	86	56	13	4	133	6	20	85	86	171	
7	R	78	45	14	4	—	3	—	88	89	170·5	Tibia abnorm *S*-förmig.
8	L	80	44	15	5	129	20	24	84	85	170	Facette lateral sehr schwach, medial ausserordentlich tief.
9	L	79	46	15	1	—	12	—	—	—	170	
10	R	82	48	18	2·5	122	3	6	88	89	169	Facetten beiderseits sehr tief, Tibia stärker *S*-förmig gekrümmt.
11	L	83	53	20	0	128	13	20	83	83	168	Facetten beiderseits gleich mässig.
12	R	80	50	21	6	124	27	28	90	92	167	
13	R	75	52	22	2	123	27	15	87	90	167	
14	L	84	58	23	2	131	12	7	85	87	168	Facetten beiderseits sehr stark. Femur im untersten Viertel leicht nach Aussen gebogen.
15	R	85·5	36	36	5	118	11	6	81	80	164	Facetten beiderseits schwach. Femur im untersten Viertel leicht nach aussen gebogen.

Lateralwärts.

und Tibia hat. Gehen wir zunächst von der Deviation von 0^{mm} aus, welche also einem ganz correct gebauten Knie entspricht, so ist natürlich in diesem Falle der Winkel zwischen der mechanischen Femur- und Tibiaaxe = 180°. Die anatomische Femuraxe, also auch der Schaft des Oberschenkels, wird demzufolge mit der Tibia einen nach aussen offenen Winkel von 173 bis 175° bilden (wir haben früher gefunden, dass der Winkel zwischen der anatomischen und mechanischen Femuraxe 5 bis 7° beträgt). Bei einer Abweichung um 5^{mm} wird der Winkel durchschnittlich um 1° grösser oder kleiner, wir können daher sagen, dass bei mehr als der Hälfte der Extremitäten (58 %) der Winkel zwischen den mechanischen Knochenaxen zwischen 179 und 181° steht. Der Femurschaft bildet also mit der Tibia in der Mehrzahl der Fälle einen Winkel zwischen 172 und 176°.

Abweichungen von 10^{mm} vergrössern oder verkleinern den Winkel durchschnittlich um 2°. Es schwankte demnach in 87·5 % der Fälle der Seitenwinkel zwischen 178 und 182°. Bei grösseren Abweichungen muss schon die absolute Länge der Extremität berücksichtigt werden, um den Winkelwerth annähernd zu bestimmen, und es ist in Bezug darauf der Winkel zwischen Femurschaft und Tibia in der vorangehenden Tabelle den einzelnen Fällen beigefügt. Man kann daraus ersehen, dass die extremen Winkel bei nur noch relativem statischem Missverhältnisse auf der einen Seite 180, auf der anderen 167° betragen, also eine Differenz von 13° zeigen; diese ist gewiss gross genug, um sich in der äusseren Form des ganzen Beines zu markiren.

Es muss auffallen, dass unter den 200 von mir untersuchten Extremitäten sich drei mit ausgesprochenen pathologischen Abweichungen und weitere acht fanden, welche diesen sehr nahe standen; zusammen wichen also 11 = $5^1/_2$ % in erheblicher Weise von der Norm ab. Wollte man daraus einen allgemein-giltigen Schluss ziehen, so wäre derselbe gewiss nicht richtig. Man muss eben bedenken, welcher Classe von Menschen die Extremitäten angehört hatten. Es sind nur die Leichname der ärmsten Classe der Bevölkerung, welche der Anatomie verfallen, jener Classe, die am meisten den Schädlichkeiten ausgesetzt ist, welche bekanntermaassen mit den pathologischen Verkrümmungen am Knie in ursächlichem Zusammenhange stehen. Es dürfte daher nicht unberechtigt sein, die erwähnten 11 Extremitäten als pathologische Abweichungen auszuscheiden, und man müsste demnach die Schwankungen unter normalen Verhältnissen auf ein weit geringeres Maass zurückführen.

Sehen wir uns nun danach um, ob sich aus den vorangehenden zwei Tabellen ein constanter Zusammenhang zwischen Streck- und Seitenwinkel ergiebt, so müssen wir dieses in Abrede stellen.

Aus der vorletzten Tabelle ist zu ersehen, dass in der ersten Gruppe (Nr. 1 bis 10) ein ungewöhnlich kleiner Streckwinkel theils mit einer ganz unbedeutenden, theils mit einer erheblichen seitlichen Deviation combinirt ist, und zwar kann letztere sowohl medial als auch lateral sein; ebenso wechselnd sind die Combinationen in der zweiten Gruppe (Nr. 11 bis 26) bei ungewöhnlich grossem Streckwinkel.

Blicken wir auf die letzte Tabelle, so finden wir ebensowenig einen constanten Zusammenhang. Eine Abhängigkeit des Streck- oder Seitenwinkels von anderen individuellen Differenzen konnte ich auch nicht finden, bis auf den Zusammenhang zwischen dem Seitenwinkel und dem Kniebasiswinkel, welcher bis zu einem gewissen Grade ein constanter ist (wie schon früher erörtert wurde).

c. Der Rotationswinkel.

Es betrifft dieser Winkel jene Rotation, welche im Kniegelenke gegen das Ende der Streckung eintritt und diese nothwendigerweise begleitet (Zwangsrotation), zum Unterschiede von der in der Beugelage ausführbaren willkürlichen Rotation. Die erstgenannte ist, wie Langer[1] ausführlich dargestellt hat, hauptsächlich von der dem Condylus internus eigenthümlichen Krümmung (rotatorische Krümmung) abhängig. Von eben so grosser Bedeutung ist hierbei die Verlaufsrichtung der, die Gelenksenden fixirenden Bänder, namentlich der Ligamenta cruciata deren eines, das hintere nahezu senkrecht verläuft und gleichsam die Rotationsaxe abgiebt, während das vordere schräg steht und durch seine bei der Streckung eintretende Spannung die Rotation erzwingt. Jedenfalls hängt die Krümmung des Condylus internus mit der Schlussrotation ebenso innig zusammen, wie der Verlauf der Kreuzbänder, und es scheint mir nicht berechtigt, die letzteren allein dafür verantwortlich zu machen, wie es Albrecht[2] thun will.

Eine genaue Messung des in Rede stehenden Rotationswinkels ist auf einfache Weise wohl schwer möglich. Es ist dies um so schwerer, als die willkürliche Rotation noch nicht vollständig aufgehoben ist, wenn die Schlussrotation bereits anfängt. Ich habe aus diesem Grunde genaue Messungen dieses Winkels nicht vorgenommen, zumal da sein mechanischer Zusammenhang mit dem Streckwinkel und in zweiter Linie mit dem Seitenwinkel keiner weiteren Bestätigung bedarf. Es ist

---

[1] Das Kniegelenk des Menschen. *Sitzungsbericht der mathem.-naturwissenschaftl. Klasse der Kais. Academie der Wissenschaften in Wien.* XXXII, 99. 1858.

[2] A. a. O.

auch bekannt, dass die Schlussrotation nicht bei allen Extremitäten denselben Umfang hat, dass also der Rotationswinkel bald grösser, bald kleiner ist, und es ist klar, dass eine stärkere rotatorische Krümmung des Condylus internus auch einen grösseren Rotationswinkel bedingen wird. Ich möchte hier aber darauf aufmerksam machen, dass dieser Zusammenhang kein constanter sei, und zwar aus folgendem Grunde.

Es kommt nämlich ausser dem Grade der rotatorischen Krümmung auch darauf an, wie weit die Gelenksfläche des Condylus internus bei der Streckung und Schlussrotation engagirt wird. An jedem Knie eines Erwachsenen findet sich an beiden Condylen eine Marke, welche anzeigt, wie weit deren Gelenksfläche bei voller Strecklage mit den Bandscheiben, also indirect mit der Tibia in Contact tritt; es sind dies die sogenannten Hemmungsfacetten, welche zuerst Henke und Hüter richtig gedeutet haben, indem sie nachwiesen, dass die Facetten durch den Eindruck erzeugt werden, welchen die am Ende der Streckung zwischen den Gelenkflächen des Femur und der Tibia eingezwängten Bandscheiben hervorbringen. Man findet nun, dass diese Facetten nicht immer an derselben Stelle liegen, und sehr auffällig ist der individuelle Unterschied am Condylus internus. Bald ist dieselbe weit nach vorn an die Patellarfläche gerückt, bald steht sie weiter zurück, und es ist einleuchtend, dass der Umfang der Schlussrotation damit im wesentlichen Zusammenhange stehen muss.

Man sollte nun glauben, dass danach jeder grössere Streckwinkel auch von einer stärkeren Schlussrotation begleitet sei, aber dies trifft nicht immer zu. Man findet nicht selten eine auffallend starke Schlussrotation bei mittelgrossem Streckwinkel, und umgekehrt einen ungewöhnlich grossen Streckwinkel bei mittlerem Rotationsumfange. Es steht dies damit im Zusammenhange, dass die Grösse des Streckwinkels nicht immer davon abhängt, wie weit die Gelenkfläche der Condylen mit der Tibia, bez. den Bandscheiben in Contact tritt. Es kommt hier eben noch ein zweiter Umstand in Betracht.

Wir haben früher gesehen, dass die untere Epiphyse des Femur in der Frontalansicht in einem nicht constanten Winkel an die Diaphyse angesetzt ist, und dass als Ausdruck dessen der Kniebasis- und Epiphysenlinienwinkel Schwankungen von fast 10° zeigen, ohne dass dadurch der Seitenwinkel nothwendigerweise alterirt wäre. Ebenso ist das Epiphysenstück in der Frontalansicht in wechselnder Richtung an die Diaphyse angesetzt; die Schwankungen sind hier vielleicht noch grösser als dort, und diesen entsprechend, giebt es Oberschenkel, bei welchen die untere Epiphyse so angesetzt ist, dass eine leichte Ueberstreckung eintritt, ohne dass die Gelenkflächen der Condylen im

weiteren Umfange verwendet zu werden brauchen, weil eben das Gelenksstück an und für sich etwas nach vorn gewendet ist. Umgekehrt giebt es Oberschenkel, bei welchen, bei mässigem, selbst ungewöhnlich kleinem Streckwinkel, ein grösseres Stück der Condylen zur Verwendung kommt, weil das Epiphysenstück etwas nach hinten gewendet ist. Da nun der Umfang der Schlussrotation davon abhängt, wie weit der Condylus internus zum Contact mit der Tibia verwendet wird, so ist es klar, dass die besprochenen Differenzen für den Umfang des Rotationswinkels auch maassgebend sein müssen; in ihnen liegt die Erklärung dafür, dass bei gleicher rotatorischer Krümmung und bei gleichem Streckwinkel der Rotationswinkel doch sehr verschieden ausfallen könne. Da nun mit zunehmendem Umfange des Rotationswinkels sich gezwungenerweise eine Abductionsstellung des Unterschenkels, somit eine laterale Deviation der Directionslinie einstellt, so folgt hieraus die wichtige Thatsache, dass auch die Richtung, in welcher die Diaphyse des Femur im Sagittaldurchschnitte angefügt ist, indirect den Seitenwinkel des Kniees beeinflusst.

Aehnliche Schwankungen in dieser Richtung finden sich auch an der Tibia, nur ist die obere Epiphyse meist so angesetzt, dass ihre Lage eine abnorme Stellung der Femurepiphyse compensirt.

Die erörterten Verhältnisse sind von Wichtigkeit für die richtige Beurtheilung des Zusammenhanges zwischen Seiten-, Streck- und Rotationswinkel. Sie müssen insbesondere wohl berücksicht werden, wenn man diesen Zusammenhang als Erklärungsursache für pathologische Abweichungen in der Statik des Kniegelenkes verwerthen will.

Die Entwickelung und Ausbildung der hierhergehörigen Differenzen fällt natürlich in die Zeit des Knochenwachsthums und es sind für das ganze Leben jene Formen maassgebend, welche sich gegen das Ende des Knochenwachsthums feststellen. Es ist deshalb von grossem Interesse, die zuletzt besprochenen Verhältnisse an wachsenden Individuen zu studiren.

Bevor ich aber dazu übergehe, muss ich, um die Verhältnisse an den Extremitäten Erwachsener zu erschöpfen, noch einmal auf die Hemmungsfacetten zurückkommen.

d. Firste und Facetten zwischen der Patellarfläche und den Condylen.

Bekanntlich ist die Patellarfläche von der Gelenkfläche beider Condylen, abgesehen von den Hemmungsfacetten, auf jeder Seite durch eine mehr oder weniger ausgeprägte lineare Marke, den sogenannten First,

geschieden. Nun kann die Lage der Patellarfläche, deren Function und Entwickelung mit jener der Condylen in keinem wesentlichen Zusammenhange steht, zu dieser eine sehr wechselnde sein; sie kann namentlich mehr nach Innen oder nach Aussen liegen, und mehr oder weniger tief in die Condylenflächen hineinragen. Differenzen der letzteren Art werden wesentlich von der Richtung abhängen, in welcher das ganze untere Epiphysenstück an das Femur angesetzt ist. Je nach der verschiedenen Lage der Patellarfläche zu den Condylen wird auch die Richtung und Gestalt der Firste zwischen ihnen differiren; eine Bedeutung für die Mechanik des Kniegelenkes ist ihnen daher nicht zuzuschreiben. Namentlich auffällig sind die individuellen Differenzen der Grenzmarke zwischen der Patellarfläche und dem Cond. ext. an dessen äusserem Rande. Wenn nämlich die Patellarfläche mehr nach Innen liegt, so geht ihr äusserer Rand manchmal direct in jenen des Condylus externus über und bildet eine fortlaufende, mehr oder weniger gerade Kante. Liegt aber die Patellarfläche mehr nach Aussen, so findet sich oft am äusseren Rande zwischen ihr und dem Cond. ext. eine tiefe, nicht überknorpelte Furche, welche oft so stark sein kann, dass sie an Lebenden selbst durch die Haut gefühlt wird. Diese Furche hat selbstverständlich für die Mechanik des Kniegelenkes ebenso wenig Bedeutung, als die Firste. Ich hebe es darum besonders hervor, weil es scheint, dass die genannte Furche mit der dem Condylus externus angehörige Hemmungsfacette verwechselt wurde und daraus eine irrthümliche Auffassung der anatomischen Verhältnisse beim Genu valgum hervorging (Hüter).

Was nun die Facetten betrifft, so unterliegt es wohl keinem Zweifel, dass sie mit der die Streckung im Kniegelenke abschliessenden Hemmungsvorrichtung im innigen Zusammenhange stehen. Es ist aber zu weit gegangen, wenn man sie als den alleinigen Hemmungsapparat ansieht. Schon aus mechanischen Gründen lässt sich ihre Theilnahme ganz ausschliessen, ohne dass die Hemmung im Kniegelenke darunter zu leiden brauchte, indem die Gelenksbänder in Verbindung mit der Krümmung der Condylenflächen allein hinreichen müssen, die Hemmung in einem bestimmten Winkel zu Stande zu bringen. Dass dies wirklich so sei, wird dadurch bestätigt, dass die Entwickelung der Hemmungsfacetten bei verschiedenen Individuen eine ganz ungleichmässige ist. Untersucht man zahlreiche Extremitäten in dieser Richtung, so findet man so grosse Differenzen, dass man die Ueberzeugung gewinnt, es können die Hemmungsfacetten unmöglich eine so wesentliche Bedeutung für die Hemmung haben, als ihnen namentlich von Hüter beigelegt wird.

Ich habe an 50 Extremitäten mit ganz normalem Streck- und Seitenwinkel das Verhalten der Facetten näher geprüft und dabei folgendes gefunden: 31 mal waren beide Facetten annähernd gleich stark, darunter 21 mal in mittelmässigem Grade entwickelt, 7 mal sehr tief eingedrückt und 3 mal ganz seicht. — Die übrigen 19 mal fand sich eine auffallend ungleiche Entwickelung der Facetten, und zwar war 16 mal die Facette am inneren Condylus sehr tief eingedrückt, während sie am äusseren entweder sehr schwach oder kaum angedeutet war. Die äussere Facette fand ich nur 3 mal auffallend stärker entwickelt als die innere.

Es geht nun daraus hervor, dass bei normalem Streck- und Seitenwinkel die Entwickelung der Facetten eine variable ist; sie können mehr oder weniger tief gedrückt sein, manchmal sogar ganz seicht, kaum angedeutet. Sie sind häufiger an beiden Condylen im gleichen Maasse entwickelt; sind sie aber am äusseren und inneren Condylus ungleich stark, so ist es weitaus häufiger der Condylus internus, an welchem die Facette viel tiefer gedrückt ist.

Was nun die Verhältnisse bei ungewöhnlich kleinem oder grossem Streckwinkel und bei seitlichen Deviationen des Kniegelenkes betrifft, so finden sich in den letzten zwei Tabellen diesbezügliche Anmerkungen: leider habe ich nicht in allen Fällen (im Anfange der Untersuchungen) darauf Rücksicht genommen; die Zahl der in dieser Richtung geprüften Extremitäten reicht aber hin, um darzuthun, dass weder die Grösse des Streckwinkels, noch die seitliche Abweichung einen constanten Einfluss auf die stärkere Entwickelung einer oder beider Facetten nehmen. Es fanden sich unter diesen Verhältnissen eben wieder ähnliche Differenzen, wie an ganz regelrechten Extremitäten: beide Facetten waren entweder gleich stark oder schwach entwickelt, oder aber eine von ihnen und zwar wieder viel häufiger die innere war auffallend tiefer gedrückt als die andere.

Wenn wir alles Vorhergehende zusammenfassen, so können wir mit Bestimmtheit sagen, dass die Entwickelung der sogen. Hemmungsfacetten weder zum Streck- noch zum Seitenwinkel in einem constanten Abhängigkeitsverhältnisse steht. Ich betone dies hauptsächlich aus dem Grunde, weil diese Thatsache allein genügt, um die Unhaltbarkeit der Hüter'schen Anschauung über das Wesen des Genu valgum darzuthun. (Ich werde an einem anderen Orte Gelegenheit haben, noch weit triftigere Gründe dafür aufzubringen.)

Wenn wir uns nun fragen, was die ungleichmässige Entwickelung der Hemmungsfacetten bedingen könne, so können wir leicht mehrere Gründe dafür auffinden.

Erstens wird die wechselnde Dicke der Bandscheiben an ihrem vorderen Rande vor Allem maassgebend sein. Ferner die Art der concaven Krümmung der den Condylen entsprechenden Gelenkflächen der Tibia, von welcher es abhängen muss, ob der vordere Rand dieser Flächen höhere oder tiefer steht, und somit auch der zwischen Tibia und Femur entstehende Raum, in welchen die Bandscheiben bei der Streckung eingezwängt werden, enger oder weiter ist. Weiterhin ist es von Bedeutung, ob die Bandscheiben am Ende der Streckung mehr oder weniger stramm durch die Kapselbänder fixirt werden, ob sie also im Momente der Streckung der Einkeilung zwischen Tibia und Femur mehr oder weniger ausweichen können. Dass unter sonst gleichen Verhältnissen ein grösserer Streckwinkel die Entwickelung der Hemmungsfacetten direct beeinflussen müsse, ist selbstverständlich, nur muss man dabei wieder im Auge behalten, dass die Grösse des Streckwinkels nicht nur vom Umfange des Excursionswinkels abhängt, um welchen sich die Condylen an der Tibiafläche abwickeln, sondern auch von dem Winkel, in welchen die Epiphysen des Femur und der Tibia an die Diaphyse angefügt sind. Es hängt die Entwickelung der Hemmungsfacetten somit auch von den individuellen Differenzen in dieser Richtung ab.

Interessant ist der Umstand, dass, wenn die Facette an einem Condylus stärker entwickelt ist, dies in der grossen Mehrzahl der Fälle den Condylus internus betrifft, gleichgiltig, ob Streck- und Seitenwinkel normal sind, oder von der mittleren Norm abweichen. Der Erklärungsgrund dafür liegt ganz nahe. Bei der Streckung haben beide Condylen eine ungleichartige Bewegung; während der innere an der Tibiafläche fast ausschliesslich schleift, muss der äussere zugleich rollen und schleifen und sich am Schlusse der Streckung, dem Rotationswinkel entsprechend, um eine verticale Axe drehen. Der Umfang der schleifenden Bewegung des Cond. int. ist somit (der Grösse seiner Gelenkfläche entsprechend) grösser als am Cond. ext.;[1] während der letztere seiner Ruhelage schon nahe ist, und dem inneren Condylus nur noch durch eine Drehung um die verticale Axe und eine ganz leichte rollende Bewegung folgt, muss dieser bis an das Ende der Streckung schleifen. Es ist danach leicht einzusehen, dass es hauptsächlich vom Condylus internus abhängen wird, in welchem Momente die Hemmung eintritt. Wenn nun auch trotzdem beide Condylen am Zustandekommen derselben ziemlich gleichmässig betheiligt sein werden, so lässt es sich doch leicht einsehen, dass bei einer ungleichmässigen Betheiligung am Cond. int. viel leichter

[1] Es handelt sich hier nur um den vorderen, flacher gewölbten Abschnitt der Condylen.

eine stärkere Einklemmung der Bandscheiben eintreten kann, als am Cond. ext.

Es widersprechen die eben entwickelten Verhältnisse den Ansichten Hueter's, welcher annimmt, dass die Hemmungsfacette nur am Cond. ext. mit zunehmendem Streck- und Rotationsumfange constant tiefer geprägt werde.

G. Die Statik des Kniegelenks während des Wachsthums der Knochen.

Von grossem Interesse ist es, an Extremitäten Neugeborener und im Wachsthum begriffener Individuen die statischen Verhältnisse des Kniegelenks und die ihnen zu Grunde liegenden Formverhältnisse der Gelenkflächen zu untersuchen. Es ist dies ein Punkt, welchen schon vor langem Hueter[1] zum Gegenstande sorgfältiger Untersuchungen gemacht hat. Indem ich die interessanten Ergebnisse seiner Untersuchungen als bekannt voraussetze, möchte ich hier noch einiges hinzufügen, was sich aus meinen an 43 Extremitäten (vom 7 monatlichen Fötus bis zum 18jährigen Individuum) vorgenommenen Messungen ergeben hat. Die Tabelle auf S. 400 und 401 enthält eine übersichtliche Zusammenstellung der Resultate.

Was an der Tabelle zunächst auffällt, sind die grossen Schwankungen, welche der Streck- und Seitenwinkel in den ersten Lebensjahren zeigt. Beschäftigen wir uns zunächst mit dem Streckwinkel. Dieser zeigt im 1. und 2. Lebensjahre, also bevor noch die Extremität zum Gehact verwendet wird, Schwankungen zwischen 160 und 200°. Der Streckwinkel kann also sowohl sehr klein, als auch sehr gross sein, freilich scheint das letztere viel seltener der Fall zu sein. Da diese grosse Differenz im Streckwinkel hauptsächlich durch die Gestaltung der Gelenkenden der Tibia und des Femur bedingt ist, welche sich durch die continuirliche Haltung des Fötus innerhalb des Uterus entwickelt, so ist es klar, dass ein besonders kleiner Streckwinkel einer continuirlichen Beugelage ein übermässig grosser aber einer übermässigen Strecklage entspricht. Ich lasse es dahingestellt, in wiefern wirkliche Differenzen in der Stellung des Fötus diesen Schwankungen zu Grunde liegen; so viel ist gewiss, dass der Streckwinkel beim Neugeborenen nicht nur sehr klein, sondern auch übermässig gross sein kann, und somit nach

[1] Anatomische Studien an den Extremitätengelenken Neugeborener und Erwachsener. *Virchow's Archiv*, XXVI, 484. Das Kniegelenk.

Tabelle

über die statischen Verhältnisse des gestreckten Kniegelenkes an 43 Extremitäten von im Wachsthum begriffenen Individuen.

(Bei Nr. 2—32 gibt die Gesammtlänge der Extremität den Anhaltspunkt für das Alter [Neugeboren bis 5 Jahr.])

Nr.	Seite.	Millimeter.		Centi-meter.	Streckwinkel (ungefähr.)	Kniebasiswinkel.	Epiphysen-linienwinkel.	Torsions-winkel.		Winkel zwischen Tibia und Femurschaft.	Anmerkung.
		Gesammt-länge.	Distanz der Condylen.	Seitliche Deviation d. Directions-linie.				Femur.	Tibia.		
1	L	126	13	m 10	170	—	—	13	6	189	7 monatlicher Fötus.
2	R	169	16	m 9	198	90	85	28	3	185	} Von demselben Kinde.
3	L	171	16	m 7	200	88	86	39	7	183	
4	L	182	20	m 17	164	88	91	30	12	196	} Von demselben Kinde.
1	R	165	21	m 14	160	88	88	31	10	192	
6	L	183	17	m 12	186	88	89	31	5	185	
7	R	174	18	m 7	177	89	91	22	9	182	
8	R	192	20	m 16	171	89	90	8	10	192	
9	R	191	21	m 6	163	—	—	—	—	180	} Von demselben Kinde.
10	L	194	22	m 4	176	—	—	—	—	178	
11	L	195	21	m 3	177	—	—	—	—	177	} Von demselben Kinde.
12	R	196	21	m 3	178	—	—	—	—	177	
13	R	205	22	m 13	173	90	90	33	5	187	
14	L	261	24	l 14	182	87	87	—19	5	171	} Von demselben Kinde. Hemmungsfacetten an beiden
15	R	261	23	l 7	182	87	88	— 6	13	169	Condylen deutlich.

16	L	261	28	m 15	178	90	90	12	12	187	Ebenso.
17	R	263	28	m 14	177	89	90	10	11	186	
18	L	280	27	m 7	180	89	89	25	24	179	
19	L	308	31	m 10	182	90	91	—6	7	182	Ebenso.
20	R	303	31	m 14	184	90	90	—8	8	185	
21	L	333	31	m 3	182	89	88	3	3	175	Facette am medialen Condyl deutlich, am lateralen viel schwächer.
22	R	331	30	l 3	184	86	80	9	10	172	
23	L	346	31	m 1	198	90	90	10	11	174	
24	R	342	30	0	195	89	90	14	5	173	
25	R	364	31	m 3	181	88	88	7	9	174	
26	L	364	33	m 5	181	89	91	10	7	175	
27	L	390	34	l 1	190	87	89	12	0	173	
28	R	387	32	l 2	193	87	90	15	3	173	
39	R	442	40	0	184	90	91	22	12	174	Facette medial deutlich, lateral schwächer.
30	L	446	40	m 1	184	88	90	19	13	174	
31	R	435	36	m 3	187	86	83	11	19	175	
32	L	439	35	l 4	189	85	84	10	17	172	
33	R	667	42	l 4	183	87	86	18	20	173	11 jähriges Mädchen.
34	L	666	43	l 4	181	86	86	12	27	173	
35	R	668	44	m 2	182	85	88	28	8	173	14 jähriger Tischlerlehrling.
36	L	700	46	l 9	182	86	89	18	7	171	
37	R	782	52	l 21	182	83	84	9	17	168	16 jähriger Tischlerlehrling.
38	L	790	53	l 17	183	83	83	4	22	170	
39	R	780	42	l 3	182	86	85	16	20	173	16 jähriger Knabe.
30	L	718	43	0	182	86	83	4	14	174	
41	L	810	51	m 5	183	86	87	12	0	175	17 jähriger Knabe.
42	R	728	46	l 1	182	85	88	13	22	173	18 jähriges Individuum.
43	L	725	44	l 3	180	86	90	22	23	174	

beiden Richtungen dasjenige Mittelmaass überschreitet, welches den functionellen Anforderungen des Kniegelenks beim Gehen und Stehen entspricht. Erst mit dem Gehact werden diese Ueberschreitungen allmählich durch den Einfluss der Streck- und Beugemuskeln ausgeglichen und es scheint lange zu dauern, bis sich annähernd fixe Verhältnisse herausbilden. Noch bei 5jährigen Kindern (Nr. 29 bis 32) finden sich beträchtliche Ueberschreitungen des Streckwinkels. Es scheint, dass der Streckwinkel bei den meisten Kindern, nachdem einmal der Gehact begonnen hat, 180° überschreitet, wiewohl er früher in der Regel weit unter 180° gestanden hatte. Es geht eben unter dem Einflusse der Muskulatur das eine Extrem in das andere über, um erst mit der weiteren Ausbildung der Knochen und Muskeln in das richtige Mittelmaass überzugehen.

Was nun den Seitenwinkel betrifft, so ist es ja bekannt, dass jedes Kind mit einer deutlichen Verkrümmung des unteren Tibiaendes nach innen zur Welt kommt. Für die Statik des Kniegelenks hat diese Verkrümmung zur Folge, dass bei jedem neugeborenen Kinde die Directionslinie des Beines medialwärts abweicht und der stärkeren oder schwächeren Krümmung entsprechend wird auch die Deviation eine verschiedene sein. Aus der Tabelle ist nun zu ersehen, dass die Grösse der Deviation bedeutend variirt. Sie ist manchmal so gross, dass ein hochgradiges Genu varum zu Stande kommt (Nr. 4 und 8), während sie in anderen Fällen so gering sein kann, dass nur ein relatives statisches Missverhältniss eintritt. Nachdem also jedes neugeborene Kind mit einer mehr oder weniger ausgeprägten seitlichen Abweichung des Kniegelenks zur Welt kommt, beginnt es den Gehact mit einem ganz ungünstigen statischen Zustande des Kniegelenks. Das statische Missverhältniss ändert sich erst allmälich nach begonnenem Gebrauch der Extremität und dies geschieht in der Regel noch während des 1. Jahres nach Beginn des Gehactes. Wir finden darum schon vom 3. Jahre an (Nr. 21 und folgende) das statische Missverhältniss beseitigt und die Schwankungen des Seitenwinkels sind von nun an unbedeutend. Es stellt sich also ein fixes Verhältniss in dieser Richtung viel früher her, als in Bezug auf den Streckwinkel.

Wir sehen also, dass der Mensch in beiden Richtungen mit sehr schwankenden und zum Theil ungünstigen statischen Verhältnissen im Kniegelenk den Gehact beginnt; das für das Gehen und Stehen richtige statische Verhältniss stellt sich erst allmählich während des Gebrauchs der Extremitäten her. Dies geschicht durch eine entsprechende Umgestaltung der das Kniegelenk constituirenden Knochenenden, welche ja während des Wachs-

thums als eine modellirbare, den Zug- und Druckwirkungen nachgebende Masse anzusehen ist.

Wenn wir uns nun fragen, welche Kräfte es sind, welche die Knochenenden zweckendsprechend ummodeln, so sind es hauptsächlich zwei Kräfte, an die wir appelliren müssen; erstens die Muskelkraft, welche theils durch willkürliche Contractionen, theils durch den constanten Tonus die Knochen unter einer continuirlichen, doch wechselnden Zug- und Druckwirkung halten. In zweiter Linie ist es das Gewicht des Körpers, durch dessen Druck die Knochen beim Gehen und Stehen beeinflusst werden. Die mannigfachen Combinationen dieser zwei Kräfte wirken bei normaler Entwicklung des Knochensystems so zusammen, dass sie den einzelnen Knochen die den statischen Anforderungen entsprechende Form geben und man kann die hier zusammenwirkenden Kräfte als eine Art von regulatorischem Apparat ansehen, unter dessen Einfluss die Extremität während des Wachsthums steht. Dieser regulatorische Apparat ist nicht nur nöthig, um die richtige Knochenform zu gestalten, sondern auch, um sie weiter zu erhalten, und wird er in irgend einer Periode seines Wachsthums gestört; so muss die Form der Knochen darunter leiden. Man darf zu dem regulatorischen Apparat nicht nur diejenigen Muskeln zählen, unter deren Einfluss das Kniegelenk direct steht, es gehören dazu ebenso gut entferntere Muskeln an den Beinen, und selbst am Rumpfe, welche bei combinirten Bewegungen der Beine und des ganzen Körpers in einer oder der anderen Richtung Einfluss nehmen. (Gehen, Stehen, Springen, Laufen, speziell die zu diesen Bewegungen nöthigen aequilibrirenden Muskelactionen). Namentlich gilt dies von jenen Muskeln, welche eine seitliche Abweichung des Kniegelenks zu bewirken streben, da es ja keine solchen gibt, welche direct Abweichungen dieser Art zu Stande bringen könnten.

In der Art der physiologischen Krümmung der Tibia des Neugeborenen liegt auch der Grund für die häufigste Form der rachitischen Verkrümmung dieses Knochens. Es liegt nahe, auch hier daran zu denken, dass zu einer abnormen Weichheit der Knochen eine Art Insufficienz des regulatorischen Muskelapparates hinzutreten müsse, um die Difformität zu Stande zu bringen, dass also das Knochen- und Muskelsystem in gleicher Weise an der die Difformität bedingenden Erkrankung betheiligt ist. Diese Combination ist bei Difformitäten des späteren Alters (Skoliosen) längst erkannt, und diagnostisch und therapeutisch richtig gewürdigt. Es ist aber für die Difformitäten der früheren Kindheit gewiss nicht minder wichtig, auf diese Insufficienz der Musculatur zu achten und nach ihr die therapeutischen Maassnahmen zu richten.

Es würde die Grenzen eines Aufsatzes, welcher rein anatomische Untersuchungen zum Gegenstand hat, überschreiten, wenn ich die weiteren praktischen Folgerungen, die sich hier anknüpfen liessen, ausführen wollte; ich werde in einer anderen Arbeit Gelegenheit haben, dies, wenigstens in einer speziellen Richtung, zu thun.

Wien, Juli 1878.

Erklärung der Tafel.

Fig. 1. Geometrisches Schema der unteren Extremität.
Fig. 2 und **3.** „Robuste und grazile" Form des Femur des Erwachsenen.
Fig. 4. Femur des Neugeborenen.
Fig. 5 und **6.** Oberschenkelknochen mit den extremen Neigungswinkeln des Halses.
Fig. 7 und **8.** Das Femur } mit den extremen Torsionswinkeln.
Fig. 9 und **10.** Die Tibia } mit den extremen Torsionswinkeln.